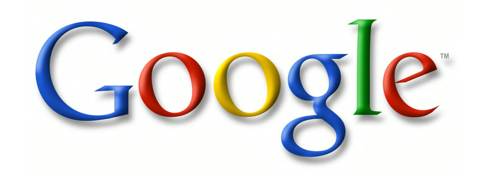






VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN

DER

KEIMUNG, ENTFALTUNG UND FRUCHTBILDUNG

HÖHERER KRYPTOGAMEN

(MOOSE, FARRN, EQUISETACEEN, RHIZOCARPEEN UND LYCOPODIACEEN)

UND DER SAMENBILDUNG

DER CONIFEREN

VON

WILHELM HOFMEISTER.

LEIPZIG

VERLAG VON FRIEDRICH HOFMEISTER

1851.

INHALT.

SEINEM THEUREN VATER

FRIEDRICH HOFMEISTER

BUCHHÄNDLER IN LEIPZIG

U. S. W.

WIDMET DIESE BLÄTTER

IN LIEBE UND DANKBARKEIT

DER VERFASSER.

INHALT.

ANTHOCEROS LÆVIS UND PUNCTATUS.

Taf. I, II und III.

Die ausgewachsene Pflanze von Anthoceros erscheint als eine kreisförmige mehr oder minder gelappte Ausbreitung saftreichen dunkelgrünen Zellgewebes. Blätter fehlen gänzlich; die Unterseite des blattartig flachen Stengels ist durch zahlreiche Wurzelhaare dem Boden angeheftet. Die Verzweigung ist, deutlicher bei A. laevis als A. punctatus, im Ganzen und Grossen eine gabelige (I, 2, 3, 7) *. Der Vorderrand jedes Sprosses zeigt seichte Einkerbungen; in diesen stehen die jüngsten Triebe, durch die Kleinheit ihrer Zellen und den schleimig körnigen chlorophylllosen Inhalt derselben leicht als Neubildungen kenntlich (I, 12—15). Junge Keimpflanzen (I, 1), nicht minder auf der ersten Stufe der Entwickelung stehende Adventivsprossen (III, 2^b bei a, 4 bei a, b) sind stets einfach linear. In der Mitte ihres Vorderrandes bildet sich eine Sprossung; zu beiden Seiten dieser, in den Winkeln, welche sie mit den Seitentheilen des Vorderrands bildet, erheben sich sehr bald neue Zellenmassen; zuerst ein kräftigerer, rechts und links von ihm sofort zwei schmächtigere Triebe, deren Seiten mit denen des mittleren verwachsen (I, 1, 6 bei a). Die aus Verschmelzung dreier in lebhaftem Längenwachsthum begriffenen Zellenmassen entstandenen neuen Sprossen verwachsen an ihren, dem jetzt als Mittellappen des Vorderrands erscheinenden ersten Triebe zugewendeten Ränder mit diesem. Durch ihre später eintretende Längsdehnung wird er in die Breite gezogen, und seine ursprünglich zugerundete Form (I, 2 bei c) in eine ausgerandete verwandelt, (I, 2 bei a, 8). In den beiden Einkerbungen des Vorderrandes jedes der neuen Sprossen zweiter Ordnung wiederholt sich der nämliche Vorgang. Die regelmässige Verästelung der Pflanze erfolgt fortan stets auf die gleiche Art: in der tiefsten Stelle der zwei Einkerbungen, welche der Vorderrand jedes Sprosses in Folge seiner Entstehung durch Verwachsung aus drei entwickelungsfähigen Zellenmassen (eines Mitteltriebs und zweier Seitentriebe) zeigt, erheben sich drei zellige Hervorragungen, zuerst eine mittlere, darauf zwei seitliche (I, 12, 15. III, 1). Sie verwachsen untereinander und mit dem ihnen zugekehrten Seitenrande des Mittellappens des Vorderrandes des älteren Sprosses; bei weiterem Längenwachsthum treten sie als neue Sprossen hervor, jenen Mittellappen in die Breite ziehend.

Der Habitus der Pflanze hängt grossentheils von der Länge der Verwachsung der drei Triebe der Sprossen neuer Ordnung untereinander und mit dem Mittellappen des Vorderrandes des nächst älteren Sprosses ab. Wo die Längsdehnung des unteren Theiles neuer Sprossen spät erst erfolgt, wie bei

---

* Die römische Ziffer bezeichnet die Tafel, die arabische die Abbildung.

Exemplaren des Anthoceros laevis, welche auf sonnigem freien Felde wachsen, ist die Strecke jener Verschmelzung eine sehr lange. Eine sehr kurze dagegen bei Anthoceros punctatus, und bei Pflanzen des A. laevis die in schattiger feuchter Lage vegetiren (so z. B. die in Blumentöpfen cultivirten). Da die ersten Gabelungen in einem Winkel von beiläufig 120° spreizen, genügt schon eine viermal wiederholte Verzweigung, den allgemeinen Umriss der Pflanze kreisrund zu machen.

Die Art der Verzweigung von Anthoceros ist die gleiche mit der der Marchantieen, der Riccien und einiger blattlosen Jungermannieen (Pellia z. B.), nur dass ihre Regelmässigkeit dadurch sehr getrübt wird, dass sehr häufig einzelne Zellen des Saumes (III, 23), bei Anthoceros punctatus sogar auch der Oberfläche (III, 5), zu Adventivsprossen auswachsen. Die Verhältnisse, unter welchen die Pflanze vegetirt, wirken wesentlich auf die Menge der sich entwickelnden Adventivsprossen ein, wie auch darauf, ob die Entwickelung dieser Sprossen zeitig endet (I, 3 bei a), oder ob sie, nach der Weise des Muttersprosses sich verästelnd, sich fortentwickeln. Bei Anthoceros laevis tritt der letzte Fall, der bei A. punctatus unter allen Verhältnissen der häufigere ist, und weit mehr als das Verwittern der oberen Decken der im Gewebe eingeschlossenen Lufthöhlen zum krausen wirren Aussehen der Art beiträgt, nur dann ein, wenn die Pflanze in sehr feuchter Atmosphäre wächst. Dann aber gewinnt auch A. laevis ein so krauses Ansehen als nur irgend die andere Art (I, 6, ein Ast), von welch letzterer indess die vielverzweigte Form des A. laevis durch den völligen Mangel der Luftlücken im Gewebe sich strenge scheidet.

Der Stengel von Anthoceros wächst ausschliesslich am Vorderrande, indem sich sämmtliche Zellen desselben (die Zellen I. Grades) durch gegen den Horizont wechselnd geneigte Wände andauernd theilen (I, 8—11. III, 3, 25, 38), bis endlich die Vermehrung der Zellen in dem mit nur beschränktem Längenwachsthum begabten Stengelgliede erlischt. — Bei seinem ersten Auftreten ist jeder Spross eine einfache Zelle, bei regelmässiger Verzweigung in der tiefsten Stelle der Einkerbung des Vorderrandes eines älteren Sprosses (I, 12 bei a), bei zufälliger am Rande eines solchen stehend. Ihrer ersten Theilung durch eine gegen den Horizont geneigte Wand folgt sofort die Theilung der Zellen I. und der ersten Zelle II. Grades mittelst einer auf der Fläche der Pflanze senkrechten Längswand. Darauf theilen sich die Zellen der einen Längshälfte des jungen Sprosses (drei der sechs, aus denen er besteht: eine Scheitelzelle, eine Zelle der Ober- und eine der Unterseite) durch auf der Stengelfläche senkrechte Längswände (I, 15 bei a, 16). Die Zahl der Zellen des jungen Sprosses wird während seines ferneren Längenwachsthums in Richtung der Breite fortwährend weiter vermehrt, indem die seitlichen (I, 12—14), selten die von seiner (idealen) Mittellinie getroffenen Zellen ersten Grades (des Vorderrandes) ab und zu durch senkrechte Längswände sich theilen (I, 13—15). So kommt es, dass jeder Spross, so lange er wächst, seinen Vorderrand fortwährend verbreitert. Die jungen Sprossen werden von einer amorphen, häutigen Schleimschicht umkleidet, deren Aussenfläche gewöhnlich zahlreiche Stäubchen ankleben (I, 8, 9).

Jede neu gebildete Zelle zweiten Grades theilt sich durch eine, der Aussenfläche des Stengels parallele Wand (I, 8—11. III, 3). Dieser Theilung folgt die beider, der inneren und der äusseren neuentstandenen Zellen durch eine, der angrenzenden Wand der Zelle ersten Grades parallele, zur Längslinie des Sprosses rechtwinklige Wandung (I, 9 bei a. III, 3). Die so gebildeten Zellen theilen sich so lange durch den Aussenflächen parallele Wände, bis die Zahl der Zellschichten erreicht ist, aus welchen der Spross in Richtung der Dicke besteht. Dann bilden sich in jeder der Zellen, welche die Ober- und Unterseite des flachen Stengels ausmachen, durch zweimalige Zweitheilung vier in einer Ebene liegende

Zellen (I, 9 bei b). Die Zellen der Aussenflächen älterer Sprossen sind demzufolge viermal kleiner, als die des inneren Gewebes. — Die Vermehrung der Zellen in die Dicke ist in der Mittellinie jedes Sprosses am lebhaftesten; nach den Seitenrändern hin nimmt sie stetig ab. Die Seitenränder selbst bestehen oft aus einer einfachen Zellenlage (I, 21). — Nicht selten unterbleibt die Theilung einzelner der aus Theilung der zweiten Zelle zweiten Grades hervorgehenden inneren Zellen durch eine der Grenzwand der Zelle ersten Grades parallele Wand. Es finden sich häufig inmitten des Gewebes des Stengels Zellen, doppelt so gross als ihre Nachbarinnen (I, 6, 10, 19).

Die vermehrungsfähigen Zellen des Vorderrandes junger Zweige enthalten eine von zahlreichen Körnchen getrübte schleimige Flüssigkeit, und in ihr einen kugeligen Zellenkern mit durchsichtigerem Inhalte (I, 8, 15 b). Es fehlt nicht an Erscheinungen, welche eine Uebereinstimmung der Art der Zellenvermehrung mit der den höheren Pflanzen gemeinsamen andeuten. Die Kerne der Zellen ersten und zweiten Grades erscheinen bisweilen in offenbarer Auflösung begriffen (I, 8 bei a), bisweilen völlig aufgelöst; es finden sich nicht selten in einer und derselben Zelle zwei, noch durch keine Trennungslinie geschiedene (neu entstandene) Zellenkerne (I, 15 bei a; III, 38); endlich ist die Wand zwischen der Zelle ersten und der jüngsten Zelle zweiten Grades oft von äusserster Zartheit, so dass nicht daran gezweifelt werden kann, sie sei so eben erst entstanden. — Schon in der jüngsten Zelle zweiten Grades, bisweilen selbst in der Zelle ersten Grades, beginnt nahe an der Aussenfläche des Zellenkerns Farbstoff aufzutreten; zahlreiche unmessbar kleine, farbige Partikel. In den jüngsten Zellen bleich blaugrün, färben sie in den etwas älteren Zellen die nächste Umgebung des Zellenkerns, die schleimige Atmosphäre, von welcher aus Schleimstränge strahlig durch den Zellraum verlaufen (I, 8 bei b), bläulich-spangrün. In noch älteren Zellen erscheint der Farbstoff plötzlich in eine den Zellenkern umhüllende Blase eingeschlossen, deren Innenwand er mit einer schön smaragdgrünen Schleimhaut überzieht (I, 18 bei b eine sehr grosse, 31, 32 kleinere solche Blasen). Innerhalb dieser Chlorophyllblasen, meist im Innern des von ihnen umschlossenen Zellenkerns, pflegen später sehr kleine Stärkekörnchen sich zu bilden. Anthoceros zeigt einzig und allein von allen bekannten Pflanzen das Vorkommen e i n e s einzigen sehr grossen Chlorophyllbläschens in jeder Zelle. Bei Anthoceros laevis ist die Form desselben in den meisten Zellen kugelig oder ellipsoïdisch; in den sehr in die Länge gestreckten Zellen des Inneren älterer Sprossen flachgedrückt spindelförmig und dann oft mit sehr lang ausgezogenen Spitzen (I, 31). Bei Anthoceros punctatus pflegt jedes Chlorophyllbläschen mehrere solche Spitzen zu zeigen; die meisten stellen einen fünfstrahligen Stern dar. Aehnlich verhalten sich bisweilen die Chlorophyllbläschen der Oberhautzellen von A. laevis (I, 35). Bei beiden Arten ist in älteren Zellen das Chlorophyllbläschen stets wandständig, der Innenwand des Primordialschlauchs dicht anliegend. Durch Behandlung mit verdünnter Kalilauge wird dieser letztere zum Zusammenschrumpfen gebracht; er erscheint dann als sehr zarter, das Chlorophyllbläschen umschliessender Sack (I, 30). — Der Theilung nicht mehr ganz jugendlicher Zellen, in denen bereits ein Chlorophyllbläschen den Zellenkern umschliesst, geht stets die Verdopplung des Chlorophyllbläschens vorher. Soll diese erfolgen, so wird der von der Chlorophyllblase der Mutterzelle umschlossene Zellenkern immer undeutlicher und verschwindet endlich ganz (II, 13 a, b). Es treten zwei neue Zellenkerne auf; zwischen ihnen eine, die ellipsoïdisch gewordene Chlorophyllblase quer durchschneidende zarte Linie — das Profil einer den Innenraum theilenden Scheidewand (II, 13c). Beide Theilhälften trennen sich, die Verdopplung des Chlorophyllbläschens ist vollendet. Dieser Vorgang

zeigt sich in den Zellen der Wand des unteren in lebhafter Zellenvermehrung begriffenen Theils junger Früchte (II, 8 bei a); ferner bei der zweimaligen Theilung der Oberhautzellen junger Zweige (I, 18 bei a). In letzterem Falle sind die Chlorophyllblasen so gross, dass sie mehr als $^2/_3$ des Innenraums ihrer Zellen einnehmen. Die Zellen der Wandungen des oberen Theils halb entwickelter Früchte zeigen ziemlich ausnahmslos zwei Chlorophyllbläschen; es scheint, dass hier eine letzte Theilung der Zellen eingeleitet, aber nicht vollendet wird. Im innern Gewebe des Stengels ist das Vorkommen zweier Chlorophyllbläschen in einer Zelle selten. Einmal sah ich zwischen zweien solchen einen kleinen freiliegenden Zellenkern; die beiden Chlorophyllbläschen waren durch einen Strang körnigen Schleimes verbunden (I, 32).

Es scheint nicht, als ob die Stellung der Fructificationsorgane von Anthoceros an bestimmte Punkte des flachen Stengels gebunden sei. Sowohl bei Anthoceros laevis als bei Anthoceros punctatus sind Archegonien und Antheridiengruppen anscheinend regellos zerstreut, auf einem Sprosse bald in Menge, bald nur höchst spärlich vorhanden. Beim ersten Auftreten der Antheridien löst sich eine kreisförmige Gruppe von beiläufig 16 Zellen der obersten Zellschicht des noch sehr jungen Sprosses von dem Gewebe unter ihr. Es entsteht eine kleine linsenförmige Lücke im Zellgewebe, die mit wässeriger Flüssigkeit gefüllt und von nur einer einfachen Zellschicht bedeckt ist (III, 25)*. Die Zellen ihrer Grundfläche theilen sich durch senkrecht gestellte Längs- und Querwände. Einzelne der so entstandenen kleineren Zellen — bei Anthoceros laevis höchstens sechs, bei Anthoceros punctatus bis zu zwanzig — wachsen zu kurzen Papillen aus, welche in jenen Intercellularraum hineinragen (III, 25). Die in die Luftlücke sich erhebende Wölbung wird durch eine Querwand vom ursprünglichen Zellraum geschieden. In der so entstandenen halbkugeligen Zelle beginnt entweder sofort (III, 25) oder nach vorhergegangener ein- bis zweimaliger Theilung durch wagrechte Wände (III, 18 bei b) eine, in der Scheitelzelle mehrmals sich wiederholende, Theilung durch wechselnd geneigte Wände (III, 18 bei a); die dadurch gebildeten Zellen zweiten Grades werden jede durch eine radiale Längswand halbirt (III, 18 c). So entsteht ein kurzer keuliger Zellgewebscylinder, aus vier senkrechten Zellenreihen zusammengesetzt (III, 18). Eine Zelle des seinem Scheitel zweitnächsten Doppelpaares von Zellen theilt sich durch eine Wand, welche, der Längsachse des Organs parallel, mit den Seitenwänden der Mutterzelle einen Winkel von 45° bildet. Durch zweimalige Zweitheilung dieser inneren Zelle entsteht in der Spitze der jungen Antheridie eine Gruppe von vier inneren tetraëdrischen Zellen, die von vier gekrümmt-tafelförmigen Zellen umhüllt wird (III, 19). Diese äusseren Zellen theilen sich fortan nur durch auf der Aussenfläche senkrechte Wände; es vermehrt sich wohl die Zahl der Zellen, aber sie stellen stets eine einfache Zellschicht dar, welche den Zellkörper umhüllt, der aus der andauernden Vermehrung der vier inneren Zellen nach allen drei Richtungen des Raumes hervorgeht (III, 20). Auf seiner letzten Entwicklungsstufe erscheint dieser Zellenkörper als eine sphärische Masse sehr kleiner, fast tafelförmiger Zellen (III, 21). In jeder derselben findet sich ein linsenförmiges, die Zelle ziemlich ausfüllendes Bläschen. Die Wände jener Zellen verflüssigen sich beim Herannahen der Reife der Antheridie. In jedem der Bläschen bildet sich währenddem ein in $2^1/_2$ bis 3 Windungen spiralig aufgerollter zarter Faden mit Iod sich gelblich fär-

* Bei Anthoceros punctatus bilden sich durch Auseinandertreten von Zellen auch im Innern des Stengels grosse Lücken, meist von regelmässiger Würfelform, die bei ihrer Entstehung wässerige Flüssigkeit, später Luft enthalten. Die Anwesenheit dieser Luftlücken scheint, wie schon oben bemerkt, der einzige durchgreifende Unterschied des A. punctatus von A. laevis zu sein.

bende Substanz (III, 22), ein Samenfaden. Jetzt zerreisst die Zellschicht, welche die von den Antheridien ziemlich ausgefüllte Lücke des Zellgewebes bedeckt, in unregelmässige Fetzen. Die Chlorophyllbläschen der Hüllschicht der Antheridien, deren hier mehrere, bis zu acht in einer Zelle, sich finden, oft auch die der Zellen der Decke des Intercellularraums färben sich unterdess orangegelb. Die völlig reife Antheridie öffnet sich an ihrer Spitze, indem die Zellen ihres Scheitels auseinanderweichen; der Inhalt, jene linsenförmigen Bläschen, tritt unter Wasser langsam heraus und vertheilt sich in der umgebenden Flüssigkeit. Die Bläschen beginnen eine langsam drehende Bewegung; der eingeschlossene Spiralfaden wird frei (wie es scheint durch allmähliche Auflösung der Wand des Bläschens); langsam um die eigene Achse sich drehend, bewegt er sich träge im Wasser umher.

Die Bildung der Archegonien von Anthoceros weicht wesentlich von der aller anderen Moose ab. Ein einfacher, von der Oberfläche des jungen Sprosses nach innen gerichteter Strang von Zellen (eine Reihe in gerader Linie übereinander geordneter Zellen, ein Theil der Zellengruppe, welche aus Vermehrung einer der nach oben gekehrten Zellen zweiten Grades hervorging), füllt sich mit körnigem Schleime (I, 10, 11, 33). Die unterste Zelle dieses Stranges schwillt stärker an, noch ehe das Wachsthum des Stengels in die Dicke, somit auch die Zahl der von ihr nach aussen führenden, in einer Reihe geordneter Zellen ihre Grenzen erreicht haben (I, 10 bei a). Um ihren centralen primären Kern bildet sich eine freie Tochterzelle, welche rasch heranwachsend bald die Mutterzelle zum grössten Theile ausfüllt (I, 10 bei b). Die Querwände, welche die oberen Zellen des, das Archegonium darstellenden Zellstranges von einander trennen, werden darauf resorbirt. So entsteht ein offener, mit schleimiger Flüssigkeit erfüllter enger Gang, welcher ins Innere des Stengelgewebes auf die grosse Basalzelle des Archegonium zuführt (I, 34). Von oben gesehen erscheint dieser Gang als sechseckige, von sechs Zellen der Oberhaut begrenzte Oeffnung, welche sich nach innen zu einem cylindrischen Kanale verengert (I, 35). Die Möglichkeit, dass die aus den Antheridien entleerten Spiralfäden — die Samenfäden (Spermatozoïden) — in die unmittelbare Nähe der eyförmigen Zelle gelangen können, welche im Innern der Basalzelle des Archegonium entstand, ist somit gegeben.

Bis hieher verhalten alle Archegonien sich gleich. In vielen hört aber bald die weitere Entwickelung auf. Die in der Basalzelle entstandene Zelle verschwindet; bisweilen färbt der nach Aussen führende Gang sich braun (III, 24). In anderen, aller Wahrscheinlichkeit nach durch den Hinzutritt von Samenfäden befruchteten, nimmt jene Zelle, wie auch ihr Kern, an Grösse beträchtlich zu; in ihrer Inhaltsflüssigkeit entstehen zahlreichere Schleimkörnchen. Die gleichen Erscheinungen treten in den benachbarten Zellen des Stengelgewebes hervor (I, 34). Bald theilt die eyförmige Zelle sich durch eine geneigte Wand (I, 36), welcher kurz darauf eine andere, entgegengesetzt geneigte, aufgesetzt erscheint (I, 37). In ähnlicher Weise theilt sich die Endzelle noch zwei bis dreimal durch wechselnd geneigte Scheidewände (I, 38, 39); der aus wenigen grossen Zellen bestehende eyförmige Zellkörper lässt sich zu dieser Zeit sehr leicht isoliren. Die nächste Theilung der Endzelle aber erfolgt durch eine, gegen die ideale Achse des Organs unter zwar gleichem Winkel geneigte, von den bisher entstandenen aber nur um 90° divergirende Scheidewand. Fortan vermehrt sich die Endzelle des stumpf kegelförmigen Zellkörpers, in welchem die Fruchtanlage nicht mehr zu verkennen ist, durch Entstehung einer Reihenfolge von Scheidewänden, welche zwar sämmtlich dieselbe Neigung gegen die Achse der jungen Frucht haben, die aber nach vier, nicht nach nur zwei Himmelsgegenden gerichtet sind. Die Aufeinanderfolge der

Theilungen ist so, dass nach einer z. B. gegen Süden gerichteten Wand eine gegen Westen gerichtete sich entwickelt; nach dieser eine gen Norden gekehrte, der eine gen Osten zeigende folgt u. s. f. (I, 40—42. II, 1—5)*. Die erste Theilung der Zellen zweiten Grades ist die durch eine der Achse der Frucht parallele Wand. Die äusseren neu gebildeten Zellen theilen sich durch radiale Längswände, darauf durch auf den vorigen rechtwinklige, horizontale Wandungen. In letzterer Theilung folgen bald die inneren Zellen. Die Fruchtanlage besteht jetzt aus vier centralen Längsreihen von Zellen, die von einer einfachen Schicht je acht in gleicher Höhe stehender Zellen umhüllt werden (I, 42, a, b). In den äusseren Zellen wiederholt sich die Theilung durch radiale Längswände (in etwas ungleiche Hälften II, 6), welcher die durch der Achse parallele sofort folgt (II, 2), bisweilen auch vorhergeht. Durch den dauernden Wechsel beider Vermehrungsformen wächst die Fruchtanlage in die Dicke, die Zahl der Zellen ihres Umfangs stetig vermehrend. Die Basalzellen der noch ganz jungen Fruchtanlage dehnen sich beträchtlich in die Breite, und legen so den Grund zu der abgeplattet kugeligen Anschwellung, mit welcher die Frucht der Masse des Stengels eingesenkt ist. Auf den mittleren Altersstufen der Frucht haften die Zellen dieser Anschwellung sehr fest an den Wänden der benachbarten Zellen des Stengels, wahrscheinlich durch das Auflösungsprodukt der Stengelzellen verkittet, welche bei der Ausdehnung der Basis der Frucht verdrängt und resorbirt werden. Die frühesten Zustände der Frucht lassen noch nach Beginn der Anschwellung der Basis sich unschwer völlig frei legen (I, 37, 39, 40).

Die dem Archegonium benachbarten Zellen vermehren während der Entwicklung der Fruchtanlage sich sehr lebhaft nach allen drei Richtungen (I, 34, 36, 38). Geraume Zeit hält so das umhüllende Gewebe Schritt mit der Grössezunahme der Fruchtanlage (II, 1), bisweilen deren Wachsthume sogar beträchtlich vorauseilend, so dass um und über der jungen Frucht ein weiter, mit Flüssigkeit gefüllter Hohlraum entsteht, in welchen hinein einzelne der Zellen des angrenzenden Gewebes zu gegliederten Haaren auswachsen (II, 2). Eine warzige Erhebung der Oberfläche des Zweiges bezeichnet auf dieser Entwickelungsstufe die Stelle, an welcher eine Fruchtanlage in seinem Inneren verborgen ist. Wie in Folge der Lagenverhältnisse des Archegonium die junge Frucht, ist auch diese Warze stets schief nach dem Vorderrande des Sprosses zu gerichtet. — Endlich überwiegt das Wachsthum der Frucht das ihrer Hülle, theils in Folge einer schon früh eintretenden, und bis zum Aufspringen der Frucht fortdauernden intercalaren Vermehrung ihrer Zellen (durch stetig sich wiederholende Theilung mittelst wagrechter, zur Längsachse rechtwinkliger Wände sämmtlicher Zellen einer schmalen Zone dicht über der knollig angeschwollenen Basis), theils in Folge der an der Spitze der Frucht beginnenden und von da sehr langsam zum Grunde fortschreitenden Längsdehnung ihrer Zellen. Sie sprengt die Wölbung der sie umschliessenden Hülle und erscheint, von den Seitentheilen jener wie von einer Scheide umfasst, als

* Die Form der Zelle ersten Grades kann mit einem dreiseitigen, mit einer der Kanten nach unten gekehrten Prisma verglichen werden; die der Zellen zweiten Grades mit der eines dreiseitigen Prisma mit abgestumpfter einer Kante. Die Abstumpfungsfläche ist die Scheidewand, welche die Zelle ersten von der zweiten Grades trennt. Auf dieser Wand kommt die nächste, in der Scheitelzelle der jungen Frucht sich bildende Scheidewand rechtwinklig zu stehen; diese letztere schneidet jene, nächstältere Wand in einer schief vom obern Rande zu einer der Seitenwände verlaufenden Linie. Ein durch die Achse des oberen Endes der Fruchtanlage geführter Längsschnitt gewährt eine ziemlich eigenthümliche Profilansicht der Zellengrenzen: das leiterartige Ineinandergreifen der Zellen zweiten Grades und ihrer Progenitur wird von je zwei zu zwei Zellen durch eine dazwischengeschobene Zelle unterbrochen (I, 40—42. II, 1, 2, 3—5; bei letzteren drei ist die eingeschobene Zelle mit a bezeichnet).

konisches Spitzchen über der Stengelfläche. Gewöhnlich trägt sie dabei auf ihrem Scheitel den ringsum abgerissenen, in Auflösung begriffenen obersten Theil der warzigen Hervorragung, zu welcher das sie umgebende Zellgewebe sich entwickelte: eine kuppelförmige, schleimige Masse, welcher lose Zellen eingebettet sind (II, 7, 7^b, 12).

Kurz bevor die Frucht ihre Hülle durchbricht, beginnt in ihrem Innern, von oben nach unten fortschreitend, die Sonderung der einzelnen Gewebtheile. Ein axiler cylindrischer Strang von zwölf bis sechzehn (im Querdurchmesser vier) senkrechten Zellenreihen hört auf, durch Theilung mittelst horizontaler Wände sich zu vermehren, während in allen umgebenden Zellen mindestens noch eine solche Theilung erfolgt (II, 7, 8, 9). Dieser Zellstrang ist die künftige Mittelsäule. Die ihn zunächst umgebende Zellschicht ist diejenige, aus welcher die Sporen und die von Einigen Schleudern genannten kurzen Zellenfäden sich entwickeln, welche von der Mittelsäule zur Fruchtwand führen. In dieser Schicht ist die Vermehrung der Zellen durch horizontale Wände doppelt so lebhaft als in anderen Theilen der Frucht. Mindestens vier ihrer Zellen grenzen in senkrechter Richtung an eine der Mittelsäule, je zwei an eine der Fruchtwand (II, 8, 9). Diese Letztere ist in ihrem oberen Theile am dünnsten. Sie besteht dort aus nur vier Zellenlagen, während sie an ihrem unteren Theile deren fünf zeigt, in Folge einer Theilung der zweiten Zellschicht (von aussen nach innen gezählt) durch der Längsachse der Frucht parallele Längswände (II, 9).

Diejenigen Zellen der die Mittelsäule umgebenden Schicht, welche zu Mutterzellen von Sporen werden sollen, treten aus allem Zusammenhange mit den Nachbarzellen, und nehmen sphärische Form an. Ihr Inhalt besteht aus körnigem Schleime, und einem grossen centralen Zellenkern mit wasserheller Inhaltsflüssigkeit und grossem Kernkörperchen (II, 9 bei a). Die zur Bildung von Schleudern bestimmten Zellen bleiben niedriger. Ihr Zellenkern verschwindet; an seiner Stelle erscheinen zwei neue Zellenkerne, zwischen denen plötzlich eine, die Zelle in zwei Hälften theilende Querwand auftritt. In einer, bisweilen auch in beiden neuentstandenen Zellen wiederholt sich später noch einmal der nämliche Vorgang, so dass die völlig entwickelte Schleuder eine Reihe von drei bis vier Zellen darstellt (II, 1. III, 37).

Die Ausbildung der Sporenmutterzellen schreitet von der Spitze der Frucht nach deren Basis langsam vor. Jeder gelungene Längsdurchschnitt einer halbreifen Frucht zeigt eine geordnete Reihenfolge aller Zustände der Sporenmutterzelle, von ihrer Vereinzelung von den Nachbarzellen an bis zur Bildung der Sporen stufenweise fortschreitend. — Die Sporenmutterzelle nimmt, nachdem sie vom umschliessenden Gewebe sich löste, an Grösse rasch zu. Das Protoplasma ihres Inhalts vertheilt sich in strahlige, vom Zellenkern ausgehende Stränge (II, 9 bei c, d). Bald bildet sich, dicht an dem den Mittelpunkt der Zelle einnehmenden (primären) Zellenkern, eine Ansammlung von schleimigem Bildungsstoff, bei Anthoceros laevis durch eingestreute Partikelchen gewöhnlich grün gefärbt, bei Anthoceros punctatus farblos (III, 8). Diese Ansammlung des Schleimes theilt sich in zwei Hälften, deren jede einen der Pole des kugeligen Zellenkerns umkleidet (III, 9, 10, 27). In wenig älteren Mutterzellen finden sich neben dem primären Kern der Zelle zwei neu ausgebildete, umgeben von einem Hofe schleimigen Protoplasmas, von welchem aus strahlig geordnete Schleimstränge zur Innenwand der Zelle führen (III, 11, 12, 13, 30, 31). Die neuentstandenen Zellenkerne sind bei Anthoceros laevis mit grünlichem, bei Anthoceros punctatus mit farblosem aber gröber körnigem Schleime erfüllt. Sie entstanden aller Wahrscheinlichkeit nach dadurch, dass jene die Pole des Zellenkerns umhüllenden beiden Ansammlungen von Protoplasma

sich zu sphärischen Massen ballten und mit einer Membran umkleideten. Häufig enthält die Protoplasmaschicht, welche die jungen Zellenkerne umhüllt, so zahlreiche Schleimkörnchen, dass jene offenbar erst lange nach ihrer Bildung sichtbar werden. Das Gegentheil ist aber bei beiden Arten nicht eben selten (III, 11, 12, 29, 30). Die Membran der jungen Zellenkerne ist dann oft von so äusserster Zartheit, dass an ihrer eben erst erfolgten Entstehung kaum gezweifelt werden kann (III, 11). In seltenen Fällen, nach Eintritt des Winters, umschliesst jeden der neuen Zellenkerne eine zartwandige, wenig grössere Zelle. Früchte, in welchen solche Mutterzellen sich finden, sind im Absterben begriffen und entwickeln sich nicht weiter. Die Erscheinung ist eine krankhafte (III, 29; 29[b] dasselbe Präparat mit Salpetersäure behandelt). —

In noch weiter ausgebildeten, der Spitze der jungen Frucht näheren Mutterzellen zeigen sich die Umrisse jener Kerne nebelig und unbestimmt, bis endlich an ihrer Stelle nur noch zwei formlose Massen körnigen Schleimes sich finden, deren Grenzen mit der umhüllenden Schleimschicht verschwimmen (III, 31). In unmittelbar höheren Mutterzellen erscheint jede dieser Schleimmassen in zwei rundliche Ballen gesondert, die an ihrer Oberfläche sofort mit einer Membran sich umgebend, vier dem primären Kern der Zelle dicht anliegende neue Zellenkerne darstellen (III, 14, 32, 33). Die Lage dieser Zellenkerne ist bei ihrer Entstehung gewöhnlich eine decussirte; später gruppiren sie sich in den meisten Fällen nach den vier Ecken eines Tetraeders. Sie sind durch Schleimstränge verbunden; auch führen Schleimfäden von ihnen zur Innenwand der Zelle (III, 15, 16, 34, 35). Der primäre Kern der Zelle erhält sich bis jetzt; seine Inhaltsflüssigkeit wurde immer durchsichtiger, so dass er ausser dem Kernkörperchen keine festen Bildungen mehr enthält. Nunmehr wird er verflüssigt. Die Mutterzelle theilt sich jetzt durch sechs gleichzeitig entstehende, zwischen je zwei Zellenkernen verlaufende Scheidewände in vier Specialmutterzellen (III, 17, 36). *Mohl* bildet einen Zustand ab, in welchem die von Aussen nach Innen fortschreitende Bildung der Scheidewände eine so kurze Strecke erst vorgerückt ist, dass sie den Verlauf der die Kerne verbindenden Schleimstränge nicht stört; eine Beobachtung, welche einen schlagenden Beweis gegen die alte, von *Karsten* und seinen Anhängern neu vorgetragene Lehre der Identität von Zelle und Zellenkern liefert *. Es ist, bei sehr zahlreichen Untersuchungen, mir zwar nicht gelungen, diese Entwickelungsstufe aufzufinden, welche offenbar sehr rasch durchlaufen wird. Aber schon der Umstand, dass in jeder halbreifen Frucht von Anthoceros auf einer ganzen Strecke Mutterzellen mit vier freien Zellenkernen und solche, welche durch sehr zarte offenbar eben erst entstandene Scheidewände getheilt sind, untereinandergemischt sich finden, spricht zur Genüge dafür, dass der letztere Zustand unmittelbar dem früher erwähnten folgt. Auch in nicht einem Falle beobachtete ich eine Erscheinung, welche nur entfernt dahin sich deuten liesse, dass, wie die *Karsten*'sche Theorie es will, die vier secundären Kerne der Mutterzelle sich zu der Grösse der Specialmutterzellen ausdehnten und in ihrem Innern neue Zellenkerne bildeten. — Die Wand der Mutterzelle ist zur Zeit des Auftretens der Wände der Specialmutterzellen durch gallertähnliche Anlagerung auf ihrer Innenfläche erheblich verdickt; Anthoceros punctatus zeigt zierliche diese Verdickungsschichten durchsetzende Tüpfel (III, 16, 17). Die Substanz der Verdickungsschichten ist namentlich bei Anthoceros laevis gegen die Einwirkung von Wasser sehr empfindlich; sie schwillt darin rasch auf, den gesammten Inhalt der Zelle auf einen engen Raum zusammendrängend.

* *Linnaea* 1839; vermischte Schriften Taf. IV. f. 23.

In jeder der Specialmutterzellen bildet sich, nach mässiger Verdickung der Wandungen, eine Spore, welche gleich beim ersten Sichtbarwerden ihrer Membran den ganzen Raum der Mutterzelle einnimmt. Bei Anthoceros punctatus füllen die der äusseren Sporenhaut aufgesetzten Spitzchen genau die Tüpfel der Mutterzellenwand aus. Es kommen bei beiden Arten Abnormitäten der Sporenbildung vor: ähnlich wie zuweilen bei der Pollenbildung mancher Phanerogamen bilden sich in einzelnen Mutterzellen nur zwei Specialmutterzellen und zwei Sporen, diese dann doppelt so gross als gewöhnlich. — Wenn die oberen vier Fünftheile der lang cylindrischen Frucht mit reifen Sporen sich gefüllt haben, springt die Fruchtwand, die eine tiefbraune Farbe angenommen hat, soweit sie reife Sporen umschliesst, in zwei Längshälften auseinander; die durch Resorption der Wände der Mutter- und Specialmutterzellen freigewordenen reifen Sporen — bei Anthoceros laevis von bräunlichgelber, bei Anthoceros punctatus von etwas dunklerer Farbe, werden ausgestreut.

Beide bei uns einheimische Arten von Anthoceros pflanzen sich auch durch Brutknospen fort. Diese bilden sich im Innern des Gewebes des Stengels, indem der Primordialschlauch einzelner der Zellen desselben sich schwach zusammenzieht, an seiner Oberfläche neuen Zellstoff aussondert (I, 22); und die so gebildete neue Zelle durch eine Reihenfolge von Theilungen, deren Regel derjenigen der Zellenvermehrung junger Sprossen entspricht, in einen Zellenkörper sich umwandelt (vergleiche I, 23 bis 27 nebst Erklärung), welcher bisweilen, noch von Zellgewebe völlig eingeschlossen, durch das Hervortreiben von Wurzelhaaren seine selbstständige Entwickelung beginnt (I, 43 a, b). Der Inhalt der Zellen sehr junger Brutknospen besteht aus farblosem Protoplasma, die Zellen älterer sind von zahlreichen kleinen Amylumkörnchen erfüllt, zwischen welchen dunkel blaugrüner Farbstoff in äusserst kleinen Körnchen (oder Bläschen?) sich findet. Gewöhnlich werden die Brutknospen dadurch frei, dass das sie umgebende Gewebe des langsam von hinten nach vorn absterbenden Stengels verwittert. Bleiben sie sehr lange im Innern des Stengels eingeschlossen, so beginnt in ihrem Mittelpunkte eine Missfärbung des Parenchyms und Auflösung desselben in seine einzelnen Zellen, die gegen die Peripherie allmälig fortschreitend, die Brutknospe endlich zerstört.

Die Entwickelung der Sporen von Anthoceros gehört zu den am meisten untersuchten Vorgängen im pflanzlichen Organismus (*Mohl's* oben citirte für die Lehre von der Pflanzenzelle classische Abhandlung; *Nägeli* (dessen Zeitschr. f. Botanik H. 2. *Schacht*, Berl. bot. Ztg. 1850. Nr. 24—26). Die Beobachtungen der Genannten und die Meinigen stimmen in allen wesentlichen Stücken überein; in der Deutung der Erscheinungen herrscht dagegen einige Verschiedenheit der Ansichten. *Mohl* nimmt an, die Verdopplung der secundären Kerne erfolge durch allmälige Abschnürung*; *Nägeli*, sie geschehe durch das Auftreten einer den Innenraum des secundären Kerns erster Ordnung halbirenden Scheidewand und spätere Vereinzelung der Theilhälften; *Schacht's* Auffassung des Vorgangs stimmt mit der *Mohls* überein, von der auch die Meinige nur durch den Ausdruck sich unterscheidet.

Es finden sich Abbildungen von Anthoceros bei *Schmidel* (Icones pl. t. XIX. A. laevis; t. XLVII. A. punctatus), wie auch bei *Hedwig* (A. laevis theoria generat. ed. II t. 29, 30). Auf diese Darstellungen scheinen sich die Angaben der Floren von »strahligem, von einer centralen Anheftungsstelle allseitig vorschrei-

---

* *Wagner's* Handwörterbuch der Physiologie IV. Bd. S. 245.

tendem Wachsthum« sich vorzugsweise zu gründen. Die von jenen Forschern gegebene Entwickelnngsgeschichte der Frucht greift nicht weiter rückwärts, als bis zum Hervortreten der Früchte über den Rand der Hüllen. *Nees v. Esenbeck* (Naturgeschichte der europ. Lebermoose B. IV. S. 334, erschienen 1838) erklärt die von der Stengelsubstanz umschlossenen Fruchtanlagen für Archegonien (»Stempel«). *Bischoff* dagegen hat das Verhältniss der jungen Früchte zu dem sie bedeckenden und umschliessenden Gewebe des Stengels schon früher (1835) richtig geschildert (Nova Acta Acad. C. Carol. Leop. T. XVII, p. II. S. 934), auch abgebildet (Handb. der botan. Terminol. Bd. II t. LVI f. 2783). Der Archegonien erwähnt er nicht. *Schacht* hat neuerdings (Berliner botan. Zeitung, Jahrg. VIII (1850) N. 24—26) einen Beitrag zur Entwickelungsgeschichte der Frucht und Spore von Anthoceros veröffentlicht. (Die im Vorstehenden mitgetheilten Untersuchungen waren beim Erscheinen jenes Aufsatzes bereits beendet). *Schacht* hat nur ein einziges Mal ein Archegonium beobachtet (a. a. O. Sp. 459); unglücklicherweise ein fehlgeschlagenes, dessen wesentliche Theile schon der Zerstörung anheim gefallen waren. Die Anordnung der Zellen des Stengels, welche dem Grunde des Archegonium angrenzen, schien ihm grosse Aehnlichkeit zu haben mit der der Basis junger Fruchtanlagen. Dadurch wurde er zu dem Trugschlusse geführt, die Frucht sei ein Produkt »bestimmter, im Grunde eines kleinen, engen und tiefen Kanals gelegener Zellen des Laubes.« Meine vorstehenden Mittheilungen weisen den Irrthum dieser Ansicht nach. Die nachstehenden werden die wesentliche Uebereinstimmung der Fruchtbildung von Anthoceros mit der der Leber- und Laubmoose im Allgemeinen darlegen.

BLATTLOSE JUNGERMANNIEEN.

(Pellia epiphylla, Aneura pinguis und multifida, Metzgeria furcata).

Taf. IV, V, VI.

Unter allen deutschen Lebermoosen hat Pellia epiphylla die grössten Sporen. Sie sind eyförmig, von einer zarten, feinkörnigen äusseren Sporenhaut umhüllt; im reifen Zustande, wie sie aus der aufspringenden Frucht entleert werden, mehrzellig. Sie bestehen meist aus vier in einfacher Reihe geordneten Zellen: zwei scheibenförmigen und zwei halbsphärischen (IV, 9). Bisweilen ist eine jener durch eine Längswand getheilt, so dass die Spore fünfzellig ist (IV, 10). Der Innenraum der Zellen enthält viel Chlorophyll; das Grün desselben, durch die dünne, blassgelbliche Kapselwand durchscheinend, giebt der ungeöffneten Frucht ihre dunkle Färbung. — Die das eine Ende der Spore ausmachende Zelle enthält eine weit geringere Zahl von Chlorophyllkörperchen als die übrigen.* Aus ihr sprosst die erste der

* Die Lebensgeschichte der Chlorophyllkörperchen (Chlorophyllkörner, Chlorophyllbläschen der Autoren) ist noch immer im Allgemeinen sehr dunkel. In einigen Fällen sind es zweifellos Bläschen, deren Innenwand die halbweiche, durchsichtige oder krumelige grüne Substanz angelagert ist (z. B. in allen Theilen von Anthoceros, den Prothallien von Farrn und Schafthalmen, den jüngeren Zellen der Charen), in anderen erscheinen sie als Klümpchen gleichartiger oder festere Kerne einschliessender Masse. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass auch die Chlorophyllkörperchen der letzten Art auf ihren ersten Entwickelungsstufen Bläschen sind. Ich bin geneigt zu

langen wurzelnden Papillen, durch welche die Pflanze an ihre Unterlage sich heftet. Die jener nächste Zelle der Spore theilt sich, falls dies nicht schon früher geschah, wenige Stunden nach der Aussaat auf feuchten Boden durch eine Längswand (IV, 10); ihr folgt in diesem Vorgange sofort die Benachbarte, oft auch schon jetzt die dem wurzelnden Ende entgegengesetzte. Jedes Paar von Zellen der Mittelregion der keimenden Spore verdoppelt sich durch Längstheilung vorzugsweise in Richtung des einen Querdurchmessers. Darin, wie weit die so eingeleitete Vervielfältigung der Zellen gegen das Wurzelende hinabreicht, zeigt sich eine Verschiedenheit von geringem Einflusse auf die Endgestalt des Pflänzchens. Jene Theilung beginnt bisweilen in den der wurzelnden Zelle nächsten (IV, 11), bisweilen nur in einer dieser Zellen (IV, 12—15, 17, 18, 20), bisweilen erst in den zweitnächsten (IV, 16), ja nur in einer derselben. Die Keimpflanze besteht jetzt aus der zur ersten Wurzelpapille auswachsenden Basalzelle, aus zweimal je zu zweien bis vieren neben einander dieser aufgesetzten, und der, nicht selten bereits durch eine Längswand getheilten Scheitelzelle (IV, 11).

Die Lebhaftigkeit der Zellenvermehrung in die Breite nimmt nach der Spitze der Pflanze hin stetig zu. Während sie nie mehr als einmal in den der Basalzelle nächsten Zellen erfolgt, ist es eine Seltenheit, dass sie in nur einer der nächst höheren auftritt, ist es fast ausnahmslose Regel, dass sie schon in dem vierten Zellenpaare, von der Basalzelle an aufwärts gezählt, sich wiederholt (IV, 20). Die Pflanze erhält dadurch eine, im weiteren Wachsthume mehr und mehr sich ausprägende, flache Form. In der ersten Jugend ist die Basis, trotz der geringeren Zahl ihrer Zellen eben so breit oder breiter als die Spitze. Die früh eintretende beträchtliche Dehnung der unteren Zellen hält bis zu einem gewissen Punkte mit der Vermehrung der oberen in die Breite Schritt. Aber schon einen Monat nach der Aussaat erlangt die junge Pflanze die spatelförmige Gestalt.

Die Dehnung der dem Grunde des Pflänzchens nahen Zellen beginnt mit dem Auswachsen der Basalzelle zur ersten Haarwurzel, gleichzeitig mit dem Eintreten der Vermehrung der Zellen in Richtung der Längsachse, die lediglich durch andauernde Theilung der einen, oder was häufiger ist, der zwei neben einander liegenden Scheitelzellen erfolgt. Beide theilen sich gleichzeitig durch eine sehr steile* Längswand, der bald eine entgegengesetzt geneigte, schräger gestellte sich aufsetzt (IV, 13 c, d, 19). Diese Theilung der Endzellen durch Scheidewände wechselnder Neigung gegen die Flächen des Pflänzchens wiederholt sich stetig und in ziemlich rascher Folge: bei einem, auf dem Objectträger feucht gehaltenen Keimpflänzchen zweimal in drei Tagen. Wächst die Zahl der Scheitelzellen der Pflanze durch Theilung der vorhandenen in Richtung der Breite, so erfolgt fortan in allen den neugebildeten die näm-

---

glauben, dass die Entstehung der Chlorophyllkörperchen folgende sei. In jugendlichen Zellen tritt das Chlorophyll formlos auf: d. h. die färbende Substanz ist in unmessbar kleinen Partikeln in der schleimigen Inhaltsflüssigkeit vertheilt. Bei weiterer Entwickelung der Zellen treten die gefärbten Theile zu kugeligen Tropfen zusammen; diese können sich später mit einer Membran bekleiden und sich durch Theilung fortpflanzen. Der erste Theil dieser Ansicht gründet sich zwar fast ausschliesslich auf die im vorigen Abschnitte mitgetheilten Untersuchungen an Anthoceros. Doch stehen Beobachtungen an den Brutknöspchen von Blasia, den Endknospen von Metzgeria u. A. mit ihr nicht im Widerspruch. — Eine durchgreifende Lösung der Frage wird wohl erst nach einer neuen wesentlichen Vervollkommnung der Mikroskope möglich sein. — Da, wo die das Chlorophyll tragenden Organe nicht unzweifelhafte Bläschen sind, werde ich sie Chlorophyllkörperchen nennen; ein Name der der Erkenntniss ihrer eigentlichen Beschaffenheit nicht vorgreift.

* Die Längsachse der Spore als Vertikale betrachtet.

liche Zellenbildung: die ganze Reihe der Scheitelzellen theilt sich andauernd durch zur Ober- oder zur Unterfläche der Pflanze geneigte Wände. — Die neugebildeten Zellen zweiten Grades theilen sich sehr bald durch den Flächen der Pflanze nahezu parallele Wände (IV, 19). Dadurch mehrt sich die Zahl der Zellenschichten in die Dicke. Zunächst nur mässig; es scheint nicht, dass jener Vorgang in der ganz jungen Pflanze sich wiederhole, dass sie auf Längs- oder Querschnitten mehr als vier Zellenlagen zeige. Sehr häufig theilen sich nur die der einen (unteren?) Fläche zugekehrten Zellen; die Pflanze besteht in Richtung der Dicke dann aus drei Zellenschichten. Schon jetzt werden einzelne der die Flächen der Pflanze ausmachenden Zellen durch eine auf dieser Fläche senkrechte Wand ein- bis zweimal getheilt, erscheinen dadurch doppelt bis viermal kleiner als die nach Innen gelegenen (IV, 19). Dies wird später Regel.

Durch das Eindringen der ersten Wurzelfaser in den Boden wird die junge Pflanze aufgerichtet. Sie behält diese Stellung nur kurze Zeit. Die sofort eintretende Dehnung der Zellen ihres unteren Theiles ist nicht gleichmässig: die der einen Fläche strecken sich weit minder in die Länge, als die der anderen (IV, 19). Der Scheitel der Pflanze wird dadurch mehr und mehr nach der Seite der geringeren Längsdehnung der Basalzellen (der künftigen Unterseite der Pflanze) geneigt, so dass bald die Richtung des Wachsthums der jungen Pellia der Unterlage parallel ist. Einzelne Zellen der Unterseite, vorzugsweise die in der Mittellinie gelegenen, wachsen zu langen Haarwurzeln aus, welche tief in den Boden eindringen. Die Entstehung der Faserwurzel erfolgt in der Art, dass an einem Punkte, gewöhnlich genau in der Mitte der Aussenfläche einer jener Zellen ein starkes Spitzenwachsthum der Membran beginnt, welches bald zur Bildung einer der Zelle angesetzten langen Röhre führt. Die Entstehung der ersten Haftwurzel ist in nichts Wesentlichem hiervon verschieden: nur dass die Zelle, welche die Wurzelfaser entsendet, vermöge ihrer konischen Form meist (nicht immer, IV, 18) allmälig in die Haftwurzel übergeht.

In Folge der anfangenden Streckung der Basalzellen des Keimpflänzchens zerreisst die äussere Sporenhaut, welche bis dahin, sich beträchtlich dehnend und verdünnend, die keimende Spore noch umschloss (IV, 15). Am Scheitel des Pflänzchens sind ihre Reste noch ziemlich lange zu finden (IV, 19).

Schon jetzt beginnen die dem Vorderrande der jungen Pellia nächsten Zellen kurze keulenförmige Haare zu treiben (IV, 19, 20), eine Bildung, die bei weiterem Vorschreiten des Wachsthums immer zahlreicher auftritt (V, 2—5).

Das Keimpflänzchen hat, sechs bis acht Wochen nach der Aussaat, theils durch Vermehrung, theils durch Dehnung seiner Zellen eine Länge von $^1/_3'''$ bis $^2/_3'''$ erreicht. Schon heftet eine grössere Zahl von Wurzelfasern es an den Boden; der Vorderrand ist durch wiederholte Theilung seiner Randzellen breiter geworden, als die älteren Theile. Bei jeder Wiederkehr der Längstheilung der Randzellen erscheinen die, auf der Fläche der Pflanze fortwährend senkrechten Scheidewände mehr und mehr von deren Längsachse seitlich divergirend. Die Folge ist, dass die Anordnung der Scheitelzellen eine fächerartige wird. Die Seiten des Vorderrandes überholen bald, durch öftere Theilung mittelst wechselnd geneigter Wände, mehr noch durch stärkere Zellendehnung, das Wachsthum von dessen Mitte. Der Scheitel des Pflänzchens erscheint anfangs seicht, später tiefer eingebuchtet (IV, 21). Die Zelle, welche die tiefste Stelle der Bucht einnimmt, beginnt plötzlich eine lebhafte Vermehrung. Sie theilt sich zweimal durch eine auf den Flächen der Pflanze senkrechte Querwand. Die vordere der neuentstandenen Zellen wird durch eine Längswand in zwei zerfällt, deren jede wieder von einer Querwand getheilt wird. Der im Grundriss fünf Zellen zeigende Körper springt jetzt schon in die Einbuchtung des Vorderrandes

vor (IV, 22). Die weitere Vermehrung seiner Zellen in Richtung der Fläche geschieht in folgender Weise: jeder der letztentstandenen Querwände setzt sich eine schräg nach aussen gerichtete Membran auf; darauf theilt sich jede der inneren der neu entstandenen vier Zellen des Vorderrands durch eine zur Längsachse des Sprosses rechtwinklige Querwand. In jeder der äusseren Zellen bildet sich gleichzeitig wieder eine der letztentstandenen schrägen parallele Längswand. Der Grund zur fächerförmigen Anordnung der Zellen des Mitteltriebs ist dadurch bereits gelegt. Es bedarf nur der Wiederholung der Theilung beider mittlerer Zellen des Vorderrandes durch Querwände, der wiederholten Quertheilung der diesen seitlich angrenzenden Zellen, des Eintritts einer Längstheilung in diesen Zellen nach ein bis zweimaliger Wiederholung der Quertheilung, endlich der mehrmaligen Wiederkehr derselben Reihenfolge von Theilungen in den jeweiligen Seitenzellen des Vorderrands des Sprosses, um die Anordnung der Zellen des halbentfalteten (V, 1), wie des vollständig ausgebildeten Mitteltriebs aus jener ersten Anlage zu entwickeln.

Das Wachsthum des Mitteltriebs der Keimpflanze ist, wie das aller Stengelglieder der Pellia, ein begrenztes. Die Vermehrung seiner seitlichen Zellen ist an der Basis gering, nimmt nach der Mitte hin zu, von da zur Spitze wieder rasch ab. Die Form des Triebs ist demgemäss kurz spatelförmig bis halboval.

Die Zellen, welche in der Achsel des Mitteltriebs und der seitlichen Flügel der Keimpflanze stehen, beginnen eine lebhafte Vermehrung nach ähnlicher Regel, sobald jener etwa ein Fünftel seiner Entwickelung erreicht hat. Die im Profil oblonge bis trapezoïdische Zelle erscheint (in Richtung der Fläche der Pflanze betrachtet) zunächst durch eine Querwand in eine quadratische hintere und trapezoïdische vordere Zelle zerfällt. Letztere theilt sich durch eine Längswand; jede der neu entstandenen wieder durch eine Querwand; die so gebildeten äusseren Zellen durch seitlich geneigte Längswände; und so fort, wie bei Entstehung des Mitteltriebs. In den Winkeln zu beiden Seiten der neuen Sprossung wiederholt sich bald nach ihrer Entstehung der nämliche Vorgang. In jedem entsteht ein Trieb, der gleich beim Beginn seines Längswachsthums an seiner dem mittleren zugekehrten Seite diesem verwächst. So bildet sich, zu jeder Seite des mittleren Abschnitts des Vorderrands der jungen Pflanze, ein neuer Spross; gleich bei seiner Entstehung, weil aus drei Trieben verschmolzen, am Vorderrande dreitheilig. Die in solcher Weise entstehenden flachen Zellenmassen verwachsen durch ihre dem Mitteltriebe zugekehrten Ränder fest und innig mit diesem. Die bei den neuen, aus drei verschmolzenen entwickelungsfähigen Zellenkörpern zusammengesetzten Sprossen treten durch die beginnende Längsdehnung ihrer Basalzellen bald aus den Buchten des Vorderrandes des Keimpflänzchens hervor; durch ihre Dehnung ziehen sie den ihnen verwachsenen Mittellappen desselben in die Breite. Ihre Gestalt wiederholt jetzt völlig die der Keimpflanze auf der ersten Stufe ihres Sprossens: der Vorderrand zeigt einen kurz spatelförmigen Mittelabschnitt und zwei seitliche flügelartige.

Die fernere Verzweigung erfolgt in gleicher Weise. Für die ganze Entwickelung der Pflanze, von der Bildung des Mitteltriebs des Keimpflänzchens an, gilt es als unabänderliche Regel: jeder Spross entsteht durch die Verschmelzung dreier Triebe, welche ziemlich gleichzeitig in einer der Einkerbungen des Vorderrands eines älteren Sprosses sich bilden. Jeder neue Spross zeigt deshalb gleich bei seinem Hervortreten zwei Einkerbungen des Vorderrandes. Neue Sprossen bilden sich gesetzmässig nur in diesen, die Grenzen der verwachsenen drei Triebe andeutenden Buchten. Hierauf beruht die gabelige Verästelung der Pflanze. Das Wachsthum jedes Sprosses ist begrenzt (IV, 25—29; V, 1).

Die Vermehrung der Zellen jedes Sprosses in Richtung seiner Längsachse erfolgt ausschliesslich

in den Zellen des Vorderrands. Sie theilen sich, wie oben erörtert, bei jungen Keimpflänzchen durch wechselnd gegen den Horizont geneigte Wände. Die Form der Zellenvermehrung im Vorderrande sich entwickelnder Triebe älterer Pflanzen ist eine wesentlich andere. Hier theilen sich die Randzellen durch unter einander parallele, nach innen schwach convexe, auf den Flächen der Pflanze senkrechte Wände (V, 2—5). Die so häufig vorkommende Erscheinung, dass der für die ganze spätere Lebensdauer gesetzmässigen Zellenvermehrung eines Pflanzentheils durch Theilung der Endzelle mittelst wechselnd geneigter Wände, auf den frühesten Entwickelungsstufen die Theilung durch horizontale unter einander parallele Wände vorhergeht (z. B. Vorkeime der Moose, Embryoträger von Selaginella, der Mehrzahl der Phanerogamen, Fruchtanlage mancher Laubmoose), macht es wahrscheinlich, dass jene Art der Zellentheilung für eine vollkommenere, höhere Form des Wachsthums zu halten sei, als diese. Um so auffallender erscheint die bis jetzt vereinzelt dastehende Thatsache, dass bei Pellia die einfachere, anscheinend niedrigere Weise der Zellenvermehrung in den späteren Lebensabschnitten der Pflanze der complicirteren folgt. —

Am schärfsten tritt diese Erscheinung an den ersten Frühjahrstrieben fruchtbarer Exemplare hervor. Die Zellen ersten bis dritten Grades des Vorderrandes zeigen hier während des Wachsthums der Sprossen grosse und deutliche Zellenkerne, von denen häufig Schleimstränge nach den Zellenwänden zu führen; ausserdem enthalten sie einen wenig körnigen, gelblichen Schleim. In den weiter zurück liegenden, älteren Zellen treten zahlreiche kleine Chlorophyllkörperchen auf; die Kerne dieser Zellen sind minder deutlich wahrzunehmen (V, 3). Die Zelle ersten Grades, die Endzelle, hat die Form einer Linse, die Zelle zweiten Grades bei ihrer Entstehung die eines Meniskus. Durch Theilung derselben mittelst den Flächen der Pflanze parallele Scheidewände wächst der Spross in die Dicke. Die erstentstehende dieser Wände fällt nicht in die ideale Achse des Triebs: die zwei Hälften, in welche sie die Zelle theilt, sind sehr ungleiche (V, 3). Die neu gebildeten zwei Zellen theilen sich noch mehrmals durch wagrechte Wände; höher als bis auf acht Zellenlagen scheint jedoch die Dicke der Pflanze in keinem Falle zu steigen. Einzelnen der dem Vorderrande nahen Zellen entspriessen nach vorn gekrümmte, keulige Haare. Sie werden durch Auftreten einer Querwand bald nach ihrer Entstehung zweizellig: die Basalzelle enthält, bei voller Ausbildung, gewöhnlich Stärkekörner; die Endzelle dünnflüssigen Schleim. Eine häutige Schicht zäher Gallerte umhüllt den fortwachsenden Vorderrand einschliesslich dieser Haare. Die Zellen, welche die bleibende Ober- und Unterfläche der Pellia bilden, theilen sich endlich durch eine senkrechte Längs- und Querwand, so dass jede Zelle der äusseren Lagen viermal kleiner ist, als eine der benachbarten inneren. Es erfolgt diese Theilung bisweilen schon in der viertjüngsten, bisweilen erst in der siebentjüngsten Gruppe aus einer Zelle zweiten Grades hervorgegangener Zellen. — Die Lebhaftigkeit der Zellenvermehrung in die Dicke nimmt in jedem Spross während des Vorschreitens seines Wachsthums vom Grunde gegen den Vorderrand hin stetig ab, in der Mittellinie jedoch langsamer, als an den Seiten. Der freie Rand jedes Sprosses, dessen Entwickelung beendet ist, wird von einer einfachen Zellschicht gebildet; am Grunde der Einbuchtungen dieses Randes dagegen finden sich nach unten vorspringende Polster von Zellgewebe: die jungen neuen Sprossen.

Die Sprossen steriler, in fliessendem Wasser wachsender Pflanzen zeigen Lagen- und Formenverhältnisse der Zellen, welche sich nicht anders deuten lassen, denn als Uebergänge der ersteren Zellenvermehrungsform in die zweite (V, 7—9). An zwei Monate alten Keimpflänzchen tritt in vielen Fällen schon die Theilung der Zellen des Vorderrands durch einander parallele Querwände auf (IV, 22).

An den ersten Frühjahrssprossen der Pellia tritt die auffallende Erscheinung hervor, dass ihre Seiten, in Folge stärkerer Dehnung der Zellen der einen, sich stets ungleich entwickeln. Einer der aus den Einkerbungen des Vorderrands sich erhebenden Triebe rückt durch die Verzerrung des Umrisses des Sprosses scheinbar auf dessen Scheitel, während der andere tief zur Seite gedrängt erscheint (V, 25, 26). Jener entwickelt sich stets schneller, als dieser (V, 28), der oft ganz fehl schlägt, oft Monate lang in Ruhe verharrt, und dann plötzlich weiter zu wachsen beginnt (V, 29). Die meisten Störungen der gesetzmässigen Gabel-Verästelung haben hierin ihren Grund.

Nur an unfruchtbaren Pflanzen, an diesen aber sehr häufig, finden sich Sprossen auch auf der Oberseite des flachen Stengels. In einzelnen Zellen der Fläche beginnt eine Zellenvermehrung, die in der Regel der Aufeinanderfolge von der beim Keimen der Sporen obwaltenden in nichts Wesentlichem abweicht (IV, 30). Oft steht eine grosse Anzahl solcher Sprossen, jungen Keimpflänzchen ähnlich, nur fleischiger, dicht beisammen; ich zählte auf einzelnen alten Stengelgliedern bis zu 30. Der rasenartige Wuchs der in fliessendem Wasser lebenden unfruchtbaren Pellien mag hierauf beruhen.

Auf der Oberseite der ersten Frühlingssprossen zur Fruchtbildung neigender Pellien erheben sich keulenförmige Zellenmassen; ein kurzer centraler Strang von gewöhnlich nur zwei Zellen, umgeben von einer einfachen Lage je vier in gleicher Höhe liegender Zellen (V, 10): die ersten Anlagen der Antheridien. Die Anordnung ihrer Zellen lässt schliessen, dass sie aus Theilung einer der Zellen der Oberseite durch wechselnd geneigte Scheidewände hervorgingen. Jede Zelle zweiten Grades theilte sich durch eine Längswand; zwei über einander stehende der so gebildeten, ziemlich die Form von Cylinderquadranten habenden Zellen wurden durch eine, die Seitenwände unter einem Winkel von 45° schneidende Wand in eine innere dreiseitige, und äussere vierseitige, nach aussen gewölbte Zelle geschieden. Damit ist der Bau der ersten Anlage der Antheridie gegeben. Durch andauernde Vermehrung der fünf Zellen ihres keuligen Endes, der inneren Zelle nach allen drei Richtungen, der vier äusseren nur in Richtung der Tangenten, bildet sie sich in eine kugelige Zellgewebsmasse um, die von einem ganz kurzen, aus vier Zellen bestehenden Stiele getragen wird. — Gleichzeitig mit dem ersten Hervorspriessen der jungen Antheridie über die Fläche des Stengelglieds erhebt sich durch wiederholte Theilung der angrenzenden Zellen der Oberseite der »Frons«, rings um die Antheridie ein ringförmiger Wall von Zellgewebe (V, 10), der mit ihrem Wachsthum Schritt haltend, sie bei der Reife bis auf eine offne Stelle über ihrem Scheitel umschliesst.

Die Zellen, 16—25 an der Zahl, der äussersten Zellschicht der reifenden Antheridie erscheinen tafelförmig abgeplattet (V, 11); ihrer Wand sind ziemlich grosse Chlorophyllkörperchen angelagert (von einer sehr dünnen grüngefärbten Schicht umhüllte Amylumkörnchen), welche bei voller Reife des Organs eine trübgelbe Farbe annehmen. Die inneren Zellen theilen sich, lange andauernd, wechselnd durch Längs- und Querwände, so dass die der Reife nahe Antheridie aus einer kugeligen Masse sehr kleiner vierseitig-tafelförmiger Zellen besteht, die von einer e i n f a c h e n Schicht grosser, platter, chlorophyllhaltiger Zellen umhüllt wird. Jede der kleinen tessellaren Zellen enthält ein linsenförmiges Bläschen (Zellenkern?) in welchem ein spiralig aufgerollter Faden, aus durchsichtig schleimiger Substanz, sich bildet (V, 12—14). Ist die Antheridie völlig reif, so weichen die Zellen der Hüllschicht am Scheitel auseinander; die kleinen Zellen, zwischen denen der früher innige Zusammenhang aufgehört hat, treten, mit Schleimkörnchen untermengt, als dicker Brei aus den Rissen hervor; unter Wasser gebracht vertheilen

sie sich in der Flüssigkeit. Bald beginnt der in ihnen eingeschlossene Spiralfaden (das Spermatozoïd) eine lebhafte kreisende Bewegung; dabei ist er noch immer einer Uhrfeder ähnlich eng zusammen gewunden (V, 13, 14); noch von dem linsenförmigen Bläschen umhüllt, welches sich indess jetzt nur schwer noch direct beobachten lässt. Reisst die Wand der ursprünglich tafelförmigen, beim Freiwerden Linsengestalt annehmenden Zelle (was oft erst nach halbstündigem Liegen in Wasser geschieht), so tritt der Samenfaden sofort aus der Spalte hervor; seine Windungen entfernen sich etwas von einander. Fortwährend um die eigene Achse sich drehend, bewegt er sich mässig rasch im Wasser umher. Das eine seiner Enden, das beim Vorrücken nachgeschleppte, läuft in eine sehr lange dünne Spitze aus; das entgegengesetzte ist kaum merklich verdickt. An diesem sah ich einigemale, besonders deutlich an Samenfäden, welche durch Iodhaltige Iodkaliumlösung zum Stillliegen gebracht worden waren, zwei seitlich befestigte lange dünne Wimpern, ganz denen ähnlich, welche *Thuret* an den Samenfäden von Chara abbildet (V, 18). Die Beobachtung (die bei keinem anderen Moose mir gelingen wollte) ist auch bei Pellia für unsere jetzigen Mikroskope eine ziemlich schwierige. — Die Wimpern und die fadenförmigen Enden von Samenfäden, welche irgendwie fest hängen (häufig bleiben Samenfäden mit einem Ende an den Schleimmassen kleben, welche aus den reifen Antheridien mit ihnen austreten) zeigen eine lebhafte Bewegung, nicht sowohl eine pendelartig schwingende, als eine schraubenähnlich windende. — Die Bewegungen der Samenfäden dauern nur kurze Zeit; schon zehn Minuten nach dem Freiwerden der Spermatozoïden erschlaffen sie sichtlich; nach 2½ Stunden waren sie in allen von mir beobachteten Fällen völlig zu Ende.

Die Menge der Antheridien ist sehr gross; sie steigt oft auf funfzig auf demselben Sprosse. Anfang Mai öffnen sich die ersten; aber noch Ende Juni finden sich nicht wenige eben gereifte. Auf den in der Regel sterilen Pellien, welche in fliessendem Wasser wachsen, finden sich gar nicht selten einzelne Antheridien, dagegen fast nie Archegonien.

In den Einbuchtungen des Vorderrands der nämlichen Frühjahrssprossen, welche Antheridien brachten, erheben sich eyförmige Zellkörper, dicht gedrängt, vier bis zwölf an der Zahl: die ersten Anfänge der Archegonien. Gleich nach ihrer Entstehung sprosst unter ihnen der Trieb weiter, doch ohne so stark in die Dicke zu wachsen, wie bis dahin. Die Archegonien erscheinen dadurch der Böschung aufgesetzt, welche auf der Oberseite in Folge der plötzlichen Verminderung der Dicke des Stengelglieds hervortritt (V, 24). Entwickelung und Bau ihrer ersten Rudimente entspricht genau denen der jüngsten Antheridien. Eine Zelle der Oberseite des noch ganz jungen Triebs wölbt sich etwas nach aussen; sie theilt sich durch eine gegen die Stengelfläche geneigte Wand; die obere der neu gebildeten Zellen wird durch eine entgegengesetzt geneigte Wand getheilt. Während in der neuen Endzelle die Theilung durch eine auf der eben entstandenen senkrechte, der vorletzteren parallele Wand sich wiederholt, zerfällt die letztgebildete Gliederzelle durch eine senkrechte Wand in zwei, im Grundrisse quadrantische Zellen. Derselbe Vorgang kehrt wieder in jeder zweitjüngsten Zelle, während die Endzelle durch eine der letzt entstandenen entgegengesetzt geneigte Wand aufs Neue sich theilt. Das Archegonium würde als eine Säule erscheinen, aus vier Zellenreihen bestehend, wenn nicht in sämmtlichen Zellen einer der vier Reihen, unmittelbar nach der Theilung der Zelle zweiten Grades durch eine radiale Längswand, eine Scheidewand aufträte, welche die Zelle in eine innere, rings von Zellen umschlossene dreiseitige, und eine äussere, an einer ihrer vier Wände freie Zelle theilt (V, 26ᵇ, 27). So stellt sich das junge Archegonium als ein oben zugerundeter Cylinder von Zellgewebe dar, bestehend aus einem centralen Strange

von Zellen (bis zu 30 an der Zahl), welcher von einer einfachen Lage von je vier Zellen rings umhüllt wird. Der centrale Zellstrang erstreckt sich nicht ganz bis an die Basis des jungen Archegonium, die aus einem kurzen, eine bis zwei Zellen hohen Stiele besteht, gebildet aus je vier in einer Ebene liegenden Zellen (V, 26, 28 u. 29). Die Zellen des centralen Stranges füllen sich bald nach ihrer Entstehung mit körnigem Schleime, welchem der Zellenkern als durchsichtiges Bläschen eingebettet liegt (V, 26, 27). Die unterste jener Zellen schwillt beträchtlich an; auch ihr Kern nimmt an Grösse zu (V, 26, 28). Die ihr benachbarten Zellen theilen sich durch den Aussenflächen des Archegonium parallele Längswände, sobald dessen Längswachsthum beendigt ist (V, 28). Dieselbe Theilung schreitet eine ziemliche Strecke, bis fünf Zellen hoch, gegen die Spitze des Archegonium hin fort, dessen unterer Theil dadurch bauchig wird (V, 29, 30). Unterdessen verflüssigen sich die horizontalen Scheidewände, welche die Zellen des centralen Stranges des Archegonium von einander trennen (V, 28). So entsteht ein oben geschlossener, mit Schleim gefüllter Canal in der Längsachse des Archegonium. Die sein oberes Ende zuwölbenden Zellen weichen plötzlich auseinander, sich etwas zurückkrümmend; ein offener Weg, von keiner Zellwand unterbrochen, führt jetzt von aussen durch die ganze Länge des Archegonium bis zu der grossen Zelle in seinem bauchigen unteren Theile (V, 29, 30). In ihr ist inzwischen eine neue, den primären centralen Zellenkern umschliessende freie sphärische Zelle entstanden, welche bei voller Ausbildung den Raum ihrer Mutterzelle nahezu ausfüllt (V, 29, 30).

Während der Entwickelung der ersten Archegonien sprosst aus der Oberseite des flachen Stengels, vom Insertionspunkte der Archegonien rückwärts, eine dünne Lamelle von Zellgewebe hervor. Sie folgt dem Längenwachsthum der Archegonien, indem die Zellen ihres Vorderrands sich andauernd durch Querwände theilen, und verwächst an ihren Seitenrändern mit der unter (vor) den Archegonien hervorwachsenden dünnen Fortsetzung des Sprosses (V, 25). So entsteht eine die Archegonien umschliessende, vorn offene taschenförmige Hülle. In ihrer ganzen Entwickelung entspricht sie völlig dem Perianthium der beblätterten Jungermannieen, namentlich dadurch dass sie später auftritt, als die ersten Anfänge der Archegonien. Pellia darf nicht zu den Gymnomitrien gerechnet werden.

Den oben beschriebenen Zustand erreichen alle Archegonien, die ihr Längenwachsthum vor dem Zeitpunkte vollenden, in welchem eine Fruchtanlage in einem der mit ihnen von demselben Perianthium umschlossenen Archegonien entsteht. Die Entwickelung der Archegonien ist eine sehr ungleichzeitige: die ersten öffnen sich Anfang Mai; die letzten Mitte Juli. Selbst dann noch finden sich in solchen Blüthenständen (der Ausdruck scheint als Gesammtbezeichnung für die von ein und derselben Hülle umschlossenen Archegonien wohl zulässig), die noch keine Fruchtanlagen enthalten, fehlgeschlagene Archegonien (in denen die Wände des den Hals durchziehenden Canals und Wand wie Inhalt der grossen Zelle im Bauchtheil tief gebräunt erscheinen) neben vor Kurzem erst an der Spitze aufgebrochenen, und noch geschlossenen, zum Theil noch auf den frühesten Stufen der Entwickelung befindlichen.

Ich halte die Archegonien, deren Scheitel soeben sich öffnete, und in deren Halstheil die braune Färbung der Zellwand noch nicht auftrat, für zur Empfängniss bereit, und glaube, dass es zur Befruchtung des Anlangens einiger, vielleicht nur eines der in den Antheridien sich bildenden, mit eigener Bewegung begabten Samenfäden auf der trichterförmigen Oeffnung des Archegonium bedarf. Zwar habe ich bei Pellia nicht (wenn auch bei andern Lebermoosen, wovon später), Spermatozoïden an jenem Orte gesehen. Zu wiederholten Malen fand ich aber, dass in solchen Blüthenständen der Pellia, in welche ich

eben geplatzte reife Antheridien und einen Wassertropfen brachte, in mehreren (dreien bis sieben) Archegonien Fruchtanlagen entstanden (V, 31). Der Umstand, dass das Reifen der Antheridien und das Aufbrechen der Archegonien genau zur gleichen Zeit beginnt und endet, ist nicht minder eine Stütze der eben ausgesprochenen Ansicht, die der Hauptsache nach so alt ist, als die genauere Kenntniss der Moose.

Die äusseren Zellen des bauchigen Theiles des befruchteten Archegonium theilen sich rasch mehrmals hintereinander, wechselnd durch radiale, durch den freien Aussenwänden parallele Längs-, und durch Querwände; diese Zellenvermehrung ist am Grunde des Archegonium am Lebhaftesten. Alle die neu gebildeten Zellen füllen sich dicht mit Chlorophyll. So erscheint sehr bald nach dem Beginn der Entwickelung der Fruchtanlage der Bauchtheil des sie umschliessenden Archegonium als verhältnissmässig grosse, dunkelgrüne Zellenmasse. Der Halstheil bleibt dabei unverändert.

Aus der freien sphärischen Zelle, welche in der Centralzelle des bauchigen Theiles des Archegonium eingeschlossen ist, entwickelt sich die Frucht. Zunächst theilt sich jene Zelle durch eine Querwand in eine untere, viel grössere, und obere kleine Zelle von Form eines Kugelabschnitts. Letztere theilt sich durch eine Längswand (V, 32; die Fruchtanlage völlig frei präparirt). Jede der beiden im Grundriss halbkreisförmiger Zellen wird, nach vorgängiger Längsdehnung, durch eine der vorher gebildeten rechtwinklige Längswand, jede der so entstandenen vier Zellen durch eine Querwand aufs Neue getheilt. Die junge Fruchtanlage zeigt jetzt vier Scheitelzellen (Zellen ersten Grades). Sie wächst fortan durch stetig sich wiederholende Theilung dieser mittelst horizontaler Wände.

In den zunächst auf solche Art sich bildenden vier Gliederzellen beginnt die Vermehrung der Zellen in Richtung der Breite und Dicke. Jede dieser Zellen (deren Form die eines Cylinderquadranten ist) theilt sich durch eine, die beiden Seitenwände unter 45° schneidende, der Achse der Fruchtanlage parallele, jede der vier neu entstandenen äusseren Zellen darauf durch eine radiale Längswand. In dem nächsten Doppelpaare von Zellen schreitet die Zellenvermehrung nicht weiter vor. Von da ab aber wiederholt sich in den acht äusseren Zellen die Theilung durch eine der freien Aussenfläche zugekehrte, und die ihr folgende durch eine radiale Längswand. Schon jetzt hat die Fruchtanlage die Form einer stumpfen Keule (V, 33). Ihr oberes Ende nimmt aber bald an Dicke noch bedeutend zu, durch den Eintritt folgenden Vorgangs: die vier Scheitelzellen theilen sich jede, nach Bildung der wagrechten Wand, durch eine schwach nach aussen geneigte, mit den Seitenwänden einen Winkel von 45° bildende Längswand (V, 33). Fortan erscheinen die vier Scheitelzellen dem Gipfel der Fruchtanlage eingesenkt; sie theilen sich von jetzt an abwechselnd durch eine wagrechte, und eine etwas nach aussen geneigte, der vorletzt entstandenen und der Längsachse der Frucht parallele Wand. Die aus der Theilung der Scheitelzellen hervorgehenden äusseren Zellen theilen sich zunächst durch eine radiale Längswand, jede beider Schwesterzellen darauf durch eine der Tangente der äusseren Wölbung parallele Wand in eine innere und äussere Zelle. Die äussere wird aufs Neue durch eine radiale, später durch eine auf dieser rechtwinklige, auf der freien Aussenfläche senkrechte Wand getheilt. Jetzt bilden sich wiederum der Tangente der Aussenwand parallele Wände, welche die Zellen des Umfangs der Fruchtanlage in innere und äussere spalten. In den äusseren entstehen aufs Neue radiale Wände, und so fort. Die Zellen der Spitze der Fruchtanlage zeigen demzufolge auf Längsschnitten eine regelmässig strahlige Anordnung, die nach unten in eine parallelreihige übergeht (V, 34). Beiläufig zwei Monate nach der Befruchtung hören die Scheitelzellen der jungen Frucht auf sich zu theilen. Dafür beginnt jetzt eine lebhafte Zellenvermehrung in ziemlich allen bereits angelegten

Theilen derselben (V, 34). Die Zellen des oberen, keuligen Endes mit Ausnahme der innersten theilen sich durch der Tangente des nächsten Stückes der Aussenwölbung parallele Wände, ab und zu wechselnd mit auf diesen senkrechten, radialen. Die so an Umfang zunehmende Zellenmasse ist die künftige Kapsel. In der Mitte der Fruchtanlage, dem werdenden Fruchtstiele, theilen sich die Zellen ausschliesslich, aber oft wiederholt, durch wagrechte Wände. So entsteht eine cylindrische Säule aus beiläufig 60 (im Durchmesser 12) senkrechten Reihen niedriger, tafelförmiger Zellen. Das untere Drittel der Fruchtanlage endlich zeigt eine rasche Zunahme der Zahl seiner Zellen in die Länge und Dicke, welche nach unten hin allmälig abnimmt. Es erhält dieses Ende der Fruchtanlage dadurch Rübenform; seine Dicke übersteigt gar bald die der cylindrischen Mitte der Fruchtanlage bedeutend (V, 36). Jetzt beginnt eine lebhafte Vermehrung der Zellen des Umfangs der kurzen oberen Wölbung der angeschwollenen Basis der jungen Frucht. Diese Zellen, einen beiläufig vier Zellen hohen Gürtel darstellend, theilen sich zunächst durch wagrechte (V, 36) darauf durch den Tangenten des Umfangs parallele Wände. Dadurch erhebt sich aus dem oberen Theile der rübenförmigen Anschwellung des Fruchtstiels ein den Säulentheil desselben umfassender Hohlcylinder. Durch andauernd wiederholte Theilung der Zellen des freien oberen Randes mittelst wechselnd geneigter Wände wächst diese Scheide in die Länge. Ihre Zellen zweiten Grades werden bald durch auf jenen Wänden rechtwinklige Membranen aufs neue getheilt, die älteren, unteren öfter als die oberen, jüngeren. Der freie obere Rand des Hohlcylinders ist auf allen Stufen der Entwickelung eine einfache Lage von Zellen; nach dem Grunde hin nimmt die Zahl der Zellen stetig zu. Während des Hervorspriessens dieser Scheide dauert das Wachsthum in die Dicke des Fruchtstiel-Endes unter ihr fort; es endet, wie auch die Vermehrung der Zellen der Scheide in Richtung der Länge, wenn diese eine Länge von einem Viertel bis einem Drittel des Stiels der jungen, von der Calyptra noch umschlossenen Frucht erreicht hat (V, 37). — Schon früh, noch vor Ablauf des dritten Monats seit dem Entstehen der Fruchtanlage, tritt in dem kolbigen oberen Ende derselben, der künftigen Kapsel, eine Differenzirung des Gewebes ein. Die Zellen der Aussenfläche theilen sich durch auf dieser Fläche senkrechte Wände, darauf noch einmal durch ebenfalls auf der gewölbten Aussenfläche verticale, die letztentstandenen unter 90° schneidende Wandungen. Die inneren Zellen nehmen an dieser Theilung keinen Theil; sie erscheinen deshalb viermal grösser, als jene; auf Längs- wie auf Querschnitten grenzen je zwei Zellen der äussersten Schicht an eine der nächstinneren (V, 36). Gleichzeitig beginnen die Wände der inneren Zellen der jungen Kapsel sich durch Anlagerung gallertartiger Schichten zu verdicken. Die Substanz dieser Verdickungsschichten, und nach deren Auftreten auch die der primären Zellwände, quillt in Wasser sehr schnell und stark auf; so stark, dass bei Durchschnitten junger Früchte, in das Wasser des Objectträgers gebracht, die Zellen des Inneren der Kapsel sofort über die Kapselwand seitlich hervortreten. Die aufgequollene Gallerte vertheilt sich im Wasser, die Primordialschläuche der Zellen werden frei und nehmen Kugelform an (V, 36^b). Zur Einsicht des Baues des Inneren der jugendlichen Kapsel zu gelangen ist es unerlässlich, sie in rectificirtem Weingeist zu untersuchen. Mit Iodtinctur färbt sich die ganze Masse jener Zellwände durch und durch weinroth bis violett. — Auch nach der Sonderung von Wand und Inhalt der jungen Kapsel vermehren sich die Zellen beider noch beträchtlich. Die des unteren Theiles der Wand theilen sich auch durch der Aussenfläche parallele Wände: da wo die Kapselwand dem Fruchtstiele aufsitzt, besteht sie demzufolge aus zwei Zellenlagen. Die Zellen der Wand des oberen Theiles und des Scheitels der jungen Kapsel dagegen theilen sich ausschliesslich durch auf der Aussenfläche senk-

rechte Wandungen (vergleiche f. 36 der Taf. V mit f. 37). Gleichzeitig vermehren sich die Zellen des Inneren, vorzugsweise die an der Grenze der Kapselwand, nach allen drei Richtungen; am lebhaftesten in der Scheitelregion. Durch das Zusammentreffen beider Vermehrungsweisen ihrer Zellen ändert die junge Kapsel binnen Monatsfrist ihre halbkugelige Gestalt in die lang eyförmige (V, 37).

Die primären Membranen und die Verdickungsschichten der Zellen des Innern sind jetzt (Ende August) völlig aufgelockert und unkenntlich geworden. Die freischwimmenden Primordialschläuche beginnen nun sich mit neuen Zellwänden zu bekleiden. Dabei zeigen sie ein sehr verschiedenes Verhalten. Ein Theil wird lang spindelförmig; die zukünftigen Schleudern. Diese Spindelform nimmt ein ganzer Strang in der Längsachse der jungen Frucht liegender Zellen an; um ihn erscheinen die übrigen zu Schleudern sich umwandelnden Zellen aufwärts strahlend geordnet (V, 37). Ein anderer Theil der Zellen des Innern behält die Kugelform. Diese sind die Mutterzellen der Sporen. In der Inhaltsflüssigkeit derselben treten jetzt sehr zahlreiche kleine Chlorophyllkörperchen auf.

Nur kurze Zeit behalten die Mutterzellen sphärische Gestalt. Schon in der ersten Woche des Septembers zeigt ihre Wand vier Ausbauchungen, deren jede, um 120° von den benachbarten entfernt, eine Wölbung darstellt, deren Grundriss ein gleichschenkliges und gleichwinkliges sphärisches Dreieck mit Winkeln von 120° ist. Diese Ausstülpungen der Zellwand wölben sich rasch mehr und mehr; schon Mitte Septembers erscheint jede Mutterzelle wie zusammengesetzt aus vier eyförmigen an einem Ende offenen Schläuchen, die unter Winkeln von 120° mit den offenen spitzeren Enden zn einem tetraëdrischen Mittelraum sich vereinigen (V, 39, 40). Jede dieser Ausstülpungen der Mutterzelle enthält einen Zellenkern; die Art seiner Entstehung wie die der Auflösung des jetzt verschwundenen primären centralen Kerns der Mutterzelle lassen sich, des undurchsichtigen, aus einem dicken Brei von Chlorophyllkörperchen bestehenden Zelleninhalts wegen nicht wohl erkennen. Es hält sogar ziemlich schwer, über die — übrigens unzweifelhafte — Anwesenheit eines secundären Zellkerns in jeder der Ausbuchtungen der Mutterzelle sich zu vergewissern.

Auf den Grenzen der vier Ausbauchungen der Mutterzelle verdickt sich die Innenwand derselben weit stärker als in ihren übrigen Theilen. Es bilden sich sechs nach Innen vorspringende, der Innenwand aufgesetzte Leisten. Bei ihrem Auftreten (Mitte September) ziemlich flach, nehmen sie langsam an Höhe zu bis Anfang December (VI, 1). Der Mittelraum, durch welchen die vier Ausbauchungen der Mutterzelle in offener Verbindung*) stehen, wird dadurch verengt; ziemlich enge kreisrunde Löcher führen von ihm aus zu den vier Aussackungen. Er ist jetzt ausschliesslich von wasserklarer, durchsichtiger Inhaltsflüssigkeit erfüllt; Chlorophyllkörperchen und Schleimkörnchen finden sich nur noch in den Ausstülpungen. Plötzlich erscheint jede derselben durch eine nach Innen convexe Wand vom tetraëdrischen Mittelraume der Mutterzelle abgeschieden (VI, 2, 3). Diese zarte Membran ist nicht etwa der Kante der breiten, in den Mittelraum vorspringenden Leisten aufgesetzt, sondern sie schmiegt sich der Fläche derselben an, und umschliesst den ganzen Inhalt der Ausbuchtung, der somit jetzt eine sehr zartwandige,

---

* Die dann vollkommen klar hervortritt, wenn beim Liegen der Mutterzelle in Wasser eine der Ausbauchungen derselben platzt und durch den Riss ein Theil des Zelleninhalts austritt (ein sehr häufiger Fall). Dann fliesst aus den unverletzten Aussackungen der Mutterzelle Inhaltsflüssigkeit mit Chlorophyllkörperchen gemengt langsam in die zerrissene über.

eyförmige Zelle darstellt: die junge Spore. Durch Verflüssigung des der Ausbauchung der Mutterzelle angehörigen Theiles der Wand derselben wird die Spore sehr bald frei (VI, 3); ich habe Grund anzunehmen binnen 48 Stunden nach ihrer Individualisirung. Die verdickten, zum Gerippe eines krummflächigen Tetraëders vereinigten, aus glasartigem Zellstoff bestehenden sechs Leisten dagegen erhalten sich noch mehrere Tage; sie finden sich zahlreich zwischen den eben frei gewordenen Sporen, eines der zierlichsten mikroskopischen Objecte (VI, 10, 11).

Die Entwickelungsgeschichte der Sporen von Pellia zeigt mehrere, für die Lehre von der Zellenbildung wichtige Eigenthümlichkeiten. Dass die Wände der Specialmutterzellen von der Innenwand der Mutterzelle aus allmälig nach Innen wachsen, mit anderen Worten dass eine schrittweise nach Innen vordringende ringförmige Einschnürung des an seiner Oberfläche fortwährend Zellstoff aussondernden Primordialschlauchs dessen Theilung, somit die Vermehrung der Zelle einleitet, wird durch die langsame Zunahme jener Leisten, noch mehr aber durch die Thatsache ausser Zweifel gesetzt, dass sie bei Pellia gesetzmässig nur zu zwei Dritteln sich entwickeln, nie zu Scheidewänden zusammenschliessen. Brauchte es noch neuer Beweise gegen die von *Karsten* wieder vorgetragene Theorie vom allmäligen Heranwachsen ausserhalb der Grenze des mikroskopischen Sehens liegender Bläschen zu nach und nach die Mutterzelle völlig ausfüllenden Tochterzellen: das Vorhandensein eines sekundären Zellkerns in jeder der, lange Zeit frei mit einander communicirenden Ausbuchtungen der Mutterzelle, drei Monate vor, während und nach der Individualisirung der Spore würde sie liefern. Beweisend für die Selbstständigkeit der Theilhälften des Primordialschlauchs ist der Umstand, dass die zu Sporen werdenden vier Aussackungen der Mutterzelle von Pellia einen nur mit Wasser gefüllten Hohlraum zwischen sich lassen.

Die junge Spore theilt sich durch eine Querwand sehr bald nachdem sie mit einer eigenen Zellhaut sich umkleidete; gewöhnlich noch während sie mit ihren drei Schwestersporen durch die Reste der Mutterzelle zusammen haftet (VI, 5). Bei Eintritt dieses Vorgangs verschwindet der centrale Kern der Spore; zwei neue Zellenkerne, von abgeplattet ellipsoïdischer Form, treten auf (VI, 3). Die zahlreichen kleinen Chlorophyllkörperchen, durch welche er hindurchschimmert, erscheinen darauf in zwei, je eine Hälfte der Spore ausfüllende Gruppen gesondert, so dass im Aequator derselben eine schmale Zone durchsichtiger, von Körnchen und Chlorophyllkörperchen freier schleimiger Flüssigkeit sich bildet (VI, 4). Plötzlich erscheint dieser lichte Raum von einer sehr zarten aber scharfen Linie durchsetzt: der Seitenansicht einer die Spore durchsetzenden Scheidewand (VI, 5). In jeder der beiden so gebildeten halb-ellipsoïdischen Zellen wiederholt sich kurz darauf der nämliche Vorgang (VI, 6, 7, 8). Eine der mittleren vier Zellen theilt sich jetzt (Anfang December) bisweilen auch noch durch eine Längswand (VI, 9). Fortan vermehrt die Spore bis zu ihrem, im Frühlinge des nächsten Jahres erfolgendem, Verstäuben die Zahl ihrer Zellen nicht weiter. Wohl aber sondert sie in ihrem ganzen Umfange eine auf der Aussenfläche mit zahlreichen sehr kleinen Wärzchen besetzte, bräunliche wenig durchsichtige äussere Sporenhaut aus, welche zur Zeit der Sporenreife die Grenzen der vier bis fünf Zellen, welche die Spore zusammen setzen, nur undeutlich durchschimmern lässet.

Abnormitäten der Entwickelung der Sporen von Pellia kommen bei der Zimmercultur ziemlich häufig vor. Die ersten Theilhälften junger Sporen theilen sich bisweilen, anstatt durch Quer-, durch Längswände (VI, 12). Nicht selten missrathen alle Mutterzellen einer Frucht kurz vor der dem Selbstständigwerden der Sporen bis auf einige wenige, die dann fast doppelte Grösse erreichen.

Die vegetative Entwickelung der übrigen in der Ueberschrift dieses Abschnittes genannten Arten weicht von der der Pellia sehr ab. Das Wachsthum der Metzgeria furcata in Richtung der Länge und Breite ist von *Nägeli,* in seiner die Lehre von den Regeln der Zellenvermehrung begründenden Abhandlung: Wachsthumgeschichte der Laub- und Lebermoose (Zeitschrift f. Botanik, Heft 2) erörtert. Meine Auffassung des Vorgangs weicht, wie das Nachstehende zeigen wird, in einigen (untergeordneten) Punkten von der seinigen ab.

Das Längenwachsthum des bandähnlichen, an der Spitze sanft zugerundeten Stengels erfolgt durch in der Scheitelzelle andauernd sich wiederholende Bildung rechts und links spreizender, auf der Stengelfläche senkrechter Scheidewände (IV, 4, 5). Die so entstehenden, im Grundriss länglich fünfseitigen Zellen zweiten Grades theilen sich zunächst durch eine zu den Seitenwänden rechtwinklige, auf der Stengelfläche senkrechte Wand (IV, 3, 4 bei a). In der äusseren der neugebildeten Zellen wiederholt sich entweder die nämliche Theilung: es tritt eine der letztentstandenen parallele Wand auf (IV, 3 bei b); oder aber diese Zelle, und auch ihre nach Innen gelegene Schwesterzelle, theilt sich durch eine ihren Seitenwänden parallele Längswand (IV, 6 bei a). Im ersteren Falle wird der Spross mehr in die Breite, in Letzterem mehr in die Länge wachsen. In beiden Fällen wiederholt sich noch mehrere Male je in den äusseren Zellen die Theilung durch zu den Seitenwänden rechtwinklige Wandungen. Die Entwickelung jedes Sprosses beginnt mit der zweiten Form der Vermehrung der Zellen zweiten Grades; naht das Ende des Längenwachsthums, schickt der Spross sich zur gabeligen Verästelung an, so tritt die erste Form ein.

Nur in der innersten, an die Längslinie des Sprosses grenzenden einen Zelle jedes aus der Theilung einer Zelle zweiten Grades hervorgegangenen Zellencomplexes treten den Stengelflächen parallele Wände auf. Nach der ersten solchen Theilung wiederholt sich die Bildung einer horizontalen Wand noch zweimal je in den unteren Zellen. Die Mittellinie des Stengels besteht somit aus zwei Parallelreihen zu vier über einander geschichteter tafelförmiger Zellen; der übrige Theil des Stengels ist eine einfache Zellfläche. Die inneren beiden Zellenpaare der nach unten vorspringenden Mittelrippe theilen sich noch durch zur Stengelfläche rechtwinklige Längswände, einzelne auch noch durch der Stengelfläche parallele Wandungen; sie sind somit um die Hälfte schmäler, als die ihnen angrenzenden der Ober- und Unterseite (IV, 3*). Bisweilen folgen Zellen der Unterseite der Mittelrippe in dieser Theilung. — Dem Vorderrande der Mittelrippe entspriessen auf der Unterseite zahlreiche zweizellige Haare mit kolbiger Endzelle, die nach oben sich krümmend das in der Entwickelung begriffene Stengelende einigermaassen umhüllen. — Die ganze Unterseite der Stengel treibt Wurzelhaare; besonders reichlich die Mittelrippe und die Seitenränder. Die jungen Zellen zeigen einen, im wenig körnigen Zellsafte frei schwimmenden Kern mit durchsichtiger Inhaltsflüssigkeit, der sich lange erhält, kenntlich auch in älteren Zellen, wo sein Inhalt das durchfallende Licht der Inhaltsflüssigkeit der Zelle sehr gleichartig bricht, durch das ihm von aussen angelagerte Chlorophyll. Die Chlorophyllkörperchen der Metzgeria gehören zu den kleinsten, die im Pflanzenreiche überhaupt vorkommen.

Aus einzelnen Zellen des Randes oder der Unterseite der Mittelrippe entwickeln sich bei in trockener Lage vegetirenden Pflanzen häufig Adventivsprossen. Die Zellenvermehrung derselben, sehr leicht zu beobachten, erfolgt genau in der nämlichen Weise wie die der fortwachsenden Hauptsprossen (IV, 1). Kräftige solche Adventivsprossen bilden, noch sehr jung, auf gleiche Art wie der fortwachsende Hauptspross, eine Mittelrippe, die nicht selten durch Theilung der Zellen zwischen der An-

fangszelle des Adventiv- und der Mittelrippe des Hauptsprosses von jener zu dieser rückwärts sich fortsetzt. Bisweilen, an sehr kümmerlich gedeihenden Exemplaren, unterbleibt völlig die Bildung von Zellen dritten Grades; der Spross besteht dann einfach aus einer Doppelreihe von Zellen (IV, 2).

Eine dritte Form der Entstehung seitlicher Achsen tritt beim Herannahen der Fruchtbildung ein. Auf der Unterseite der Mittelrippe, nicht genau in ihrer Mitte sondern seitlich rechts oder links angeheftet, bildet sich ziemlich weit unterhalb des Stengelendes ein kappenförmiges Blatt, in dessen Achsel ein Zweig sich entwickelt, doch nicht weiter als bis zum flachen Polster. Auf der Oberfläche desselben entstehen entweder Archegonien oder Antheridien. Die Antheridien gleichen in Bau und Entwickelung völlig denen der meisten beblätterten Jungermannieen, z. B. der Radula complanata. Die Archegonien, kurz und dick, nur 6 Zellen hoch, stehen wie die Antheridien gewöhnlich zu 4 bis 7 in der Achsel eines Hüllblatts. Die Regel ihrer Zellenentwickelung gleicht der von Pellia; auch bei Metzgeria erleichtern die Zellen des Archegonium durch ihre Grösse die Beobachtung (IV, 7, 8). Es fehlte mir an Gelegenheit, die Entwickelung der Frucht von Metzgeria zu untersuchen. Trotz der zahllosen Menge anscheinend gesunder Archegonien und Antheridien, welche von den dichten Rasen von Metzgeria furcata hervorgebracht werden, die in unsern Gebirgen schattige nicht zu feuchte Felsblöcke überkleiden, finden sich die Früchte äusserst sparsam. Vielleicht ist der Grund dieser auffallenden Erscheinung in der Austrocknung zu suchen, welche gegen die Zeit der Reife der Antheridien hin (Mitte Juni) die Standorte der Pflanze heimzusuchen pflegt.

Die Arten von Aneura (A. pinguis und multifida) theilen trotz ihrer, von der der Metzgeria so sehr verschiedenen Tracht mit dieser die Art der Entwickelung der Stengelenden (VI, 13, 14, 21). Darin aber besteht ein wesentlicher Unterschied, dass die Zellen zweiten Grades, noch vor der Theilung durch auf der Fläche des Stengels senkrechte Wände, durch ihr parallele sich theilen. Diese Theilung wiederholt sich rasch und mehrmals, nach Art des Wachsthums der Pellia in die Dicke (VI, 15, 16, 22), so dass der Spross sehr schnell an Dicke zunimmt; Längsschnitte durch sein fortwachsendes Ende haben parabolische Form.

Die Verzweigung des Stengels erfolgt in gleicher Weise wie bei Metzgeria furcata. Doch überwiegt bei Aneura stets das Wachsthum des einen Triebs von vorn herein das des anderen, welch letzterer dadurch schon sehr frühe zur Seite gedrängt erscheint. Die stärkere Entwickelung kommt, bei jeder Theilung des Stengelendes regelmässig wechselnd, das eine Mal dem aus der rechten, das andere Mal dem aus der linken Theilhälfte der Scheitelzelle hervorgehendem Spross zu. In Folge davon lässt sich bei Aneura eine mittlere Hauptachse, und seitliche Achsen mit in der Regel begränztem Wachsthum unterscheiden. An den Seitenzweigen der Aneura multifida, deren Längenwachsthum still steht, überwuchern häufig die der Endknospe rechts und links angrenzenden Theile des flachen Stengels diese, so dass der Vorderrand des Zweiges tief eingebuchtet erscheint, auf den ersten Blick ähnlich wie bei den Marchantieen (VI, 30).

Die Verzweigung von Aneura und Metzgeria ist somit eine ächte Gabelung, ähnlich der des Stengels von Selaginella; die von Pellia eine unächte, gleich der Verästelung von Viscum hervorgerufen dadurch, dass die Entwickelung des jeweiligen Endsprosses begrenzt ist.

Die Archegonien von Aneura entstehen auf dem Scheitel sehr kurzer Seitensprossen zweiter oder dritter Ordnung. In Entstehung und Beschaffenheit gleichen sie denen von Metzgeria (VI, 19, 20). Un-

terhalb ihres Standpunktes bildet sich, gleichzeitig mit ihrem Hervorspriessen, ein Kreis schmaler, an der Basis drei- bis vier-, an der Spitze einzelliger, vier bis sechs Zellen hoher Blätter.

Mit dem ersten Anfange der Umbildung der vom Bauchtheile des Archegonium der Aneura multifida* umschlossenen grösseren Zelle zur Fruchtanlage beginnt in den Zellen des Archegonium, mit Ausnahme derer des Halstheiles, eine Reihe von Theilungen, welche lange sehr lebhaft dauert. Der untere Theil des Archegonium wird dadurch zu einer keulenförmigen, fleischigen Masse, die schon die Grösse eines Hirsekorns erreicht, wenn die Fruchtanlage aus nur 11 Zellen besteht. Auch die Zellen des Archegonien tragenden Zweiges, welche der Ansatzstelle des befruchteten Archegonium angrenzen, nehmen an dieser Vermehrung Theil. Häufig werden dadurch unbefruchtete Archegonien hoch an der eyförmigen Zellgewebsmasse (der Calyptra) hinaufgerückt, zu welcher der Bauchtheil des befruchteten Archegonium und das anstossende Parenchym des Stengels verschmelzen (VI, 28). Die wuchernde an Masse so sehr zunehmende Calyptra krümmt sich dabei aufwärts, so dass ihre Längsachse rechtwinklig zur Fläche des Stengels wird (VI, 23, 27).

Besonders lebhaft ist die Vermehrung der Zellen der Calyptra dicht unter ihrem Scheitel, mit Ausnahme der Zellen der Oberhaut, welche ziemlich gross bleiben, dafür aber zu langcylindrischen Papillen auswachsen (VI, 23, 27, 28), auf deren Aussenwand ein Netz vorspringender Leisten sich bildet. — Der Halstheil des befruchteten Archegonium wird meist frühe abgestossen (VI, 27).

Die Entwickelung der Frucht selbst entspricht in den Hauptzügen vollkommen der von Pellia (VI. 23—28); doch ist sie durchweg schlanker gebaut. Der Fruchtstiel besteht aus nur zwei concentrischen Zellenlagen; die Anschwellung an dessen unterem Ende ist weit minder entwickelt; die Zellen welche Elateren, und die, welche Reihen von Sporenmutterzellen erzeugen, differenziren sich (wie bei Frullania) schon zu der Zeit, da eine einfache horizontale Zellschicht den ganzen Inhalt der jungen Kapsel ausmacht. Doch theilt jede einzelne Schleuder sich noch durch eine Querwand; je zwei reichen vom Grunde der Kapsel bis zu deren oberer Wölbung.

Die Antheridien von Aneura (pinguis) entstehen ganz in der Weise derer von Pellia. Aus der Vermehrung einer der Zellen der Oberseite des Stengels geht ein halbkugeliger oder kurz cylindrischer, aus vier kurzen Längsreihen von Zellen bestehender Zellkörper hervor (VI, 16, 17); — durch Theilung einer seiner mittleren Zellen in eine innere und äussere wird der Grund zur Sonderung in Hüllschicht und innere, Samenfäden erzeugende Zellenmasse gelegt. Rings um die Antheridie erhebt sich, durch Vermehrung der ihr angrenzenden Oberhautzellen, ein Wall von Zellgewebe. — Aneura multifida erzeugt nahe den Enden ihrer Sprossen Brutknospen, oft in ungemein grosser Menge. Zellen der Oberseite, nicht selten ganze Gruppen von zwanzig und mehreren, seltener Zellen des Randes, wölben sich nach aussen, füllen sich dicht mit Chlorophyllkörperchen und theilen sich durch eine, die Zelle quer durchsetzende auf der Fläche des Sprosses senkrechte Scheidewand (VI, 29). Von dem Zellgewebe unter ihr sich allmälig lösend, wird die zweizellige Brutknospe frei. Ihre Form ist die eines im Aequator stark eingeschnürten länglichen Ellipsoïds: ihr Umriss erinnert an den vieler Desmidien (VI, 29b). Die Entwickelung der Brutknospe zur neuen Pflanze beginnt mit der wiederholten Theilung einer ihrer Zellen durch wechselnd geneigte Wände.

* Ich hatte nicht Gelegenheit, die Fruchtbildung von A. pinguis zu untersuchen.

BEBLÆTTERTE JUNGERMANNIEEN.

Taf. VI, f. 31—54, VII, VIII, IX.

Der Uebergang von den blattlosen Jungermannieen zu den beblätterten ist ein sehr allmäliger; er wird vermittelt durch eine ununterbrochene Reihe sanfter Zwischenstufen. Auf eine, wie es scheint, in den übrigen Vegetationserscheinungen mit Aneura völlig übereinstimmende, aber mit Unterblättern versehene Gattung (Diplolaena), folgt die eigenthümlich gebildete Blasia, mit in der Jugend auf dem Querschnitt elliptischem, bei weiterer Ausbildung bis zum Blattartigen in die Breite gezogenem Stengel, mit (nach $2\frac{1}{2}$ stehenden) Ober- und Unterblättern verschiedener Form (die ersteren ganzrandig, die letzteren gezähnelt). An sie schliesst sich eine Gattung mit wenig verbreitertem, aber doch immer noch auf der Oberseite stark abgeflachtem Stengel, nur Oberblätter tragend: Fossombronia, die manche der beblätterten Jungermannieen im engsten Sinne an Masse des Stengels im Verhältniss zu der der Blätter nur wenig übertrifft.

Das merkwürdigste Glied dieser Uebergangsreihe ist ohne Zweifel Blasia pusilla. An ausgebildeten, namentlich an Knospenbehältern tragenden Sprossen ist der Stengel so sehr verbreitert, dass seine Ränder mit den horizontal gerichteten (oberschlächtigen) Oberblättern zu verfliessen scheinen; es sind denn auch diese Blätter ziemlich allgemein als »Abschnitte des flachen Stengels« angesehen und beschrieben worden. Nur die Unterblätter erscheinen an solchen Sprossen deutlich als Blätter: gezähnelte Schüppchen zur Rechten und Linken der nach unten vorspringenden wurzelnden Längsrippe (VI, 3V). Am oberen Ende des Stengels aber findet sich, umhüllt von zusammengedrängten Ober- und Unterblättern, und in der Regel sehr unkenntlich durch dicht an und auf ihr sitzende Brutknospen, die Endknospe: an fernerer Entwickelung fähigen Sprossen eine stark abgeplattet kegelförmige, an solchen Sprossen, die das Ende ihres Längenwachsthums erreichten, eine flache am Scheitel ausgerandete Zellgewebsmasse, welche auf der Unterseite Amphigastrien, auf der entgegengesetzten schuppenartig einander deckende Oberblätter trägt. Zahlreiche Haargebilde, denen der jüngsten Theile von Pellia und Aneura ähnlich, sind zwischen die letzt entstandenen Blätter eingestreut (VI, 31^{b}, 33).

Bekanntlich bilden sich auf der Unterseite des Stengels der Blasia zahlreiche Brutknospen. Ihre Entwickelungsgeschichte ähnelt sehr derjenigen der gleichen Organe von Anthoceros. Der Primordialschlauch einer der inneren, von der Unterseite nur durch eine eine einfache Zellschicht getrennten, Zellen des Stengelgewebes löst sich von der Innenwand der Zelle. Er sondert, nach gelinder Zusammenziehung, in seinem ganzen Umfange eine neue Zellenmembran aus. Die so entstandene, die Mutterzelle ausfüllende Zelle theilt sich in rasch wiederholter Folge nach allen drei Richtungen, wandelt sich in einen rundlichen Körper kleiner würfeliger Zellen um, die zahlreiche sehr kleine Chlorophyllkörperchen von schwarz-blaugrüner Farbe enthalten. Die Zellenschicht der Unterfläche des Stengels, welche die Brutknospe umhüllt, wird durch die Massenzunahme derselben halbkugelig aufgetrieben.

Ich sah nicht diese Brutknospen sich zu jungen Pflanzen entwickeln. *Corda* bildet ihre Keimung ab (in *Sturm*, Deutschl. Flora II. Abth. Tf. 32), *Bischoff* hält diese Abbildung für erdichtet. Ich theile diese An-

sicht nicht. Es ist wahr, die ästigen Wurzelfasern welche *Corda* zeichnet, finden sich bei keinem Lebermoose. Dieser Theil der Darstellung ist jedenfalls irrig. Dass aber die in Rede stehenden Organe wirklich Brutknospen seien, ist für mich, nach der Analogie mit den in gleicher Weise entstehenden und beschaffenen Brutknospen von Anthoceros ausser Frage. Werden alte Brutknospen von Blasia unter Wasser geöffnet, so vereinzeln sich ihre Zellen in der umgebenden Flüssigkeit. Die gleiche Erscheinung findet sich bei den unzweifelhaften Brutknospen von Anthoceros und von Riccia, wenn das sie umschliessende Gewebe sehr lange lebenskräftig bleibt. Sie beruht sicher nur auf dem Absterben und innerer Auflösung der Brutknospe.

Schon durch die Bildung dieser Fortpflanzungsorgane weicht Blasia von allen anderen beblätterten Lebermoosen ab; noch mehr aber dadurch, dass sie die bekannten flaschenförmigen Knospenbecher auf ihrer Oberseite hervorbringt.

Die Zellenvermehrung der Endknospe von Blasia gleicht sehr der von Anthoceros oder der jungen Pflanze von Pellia. Die Scheitelzelle theilt sich stetig wiederholt durch wechselnd nach oben und nach unten geneigte Scheidewände (VI, 32). Die Zellen zweiten Grades werden durch eine mit der Längslinie des Stengels zusammenfallende, auf der Fläche desselben senkrechte Wand getheilt. Die öftere Wiederholung der Entstehung dieser einander parallelen Wände in den Theilhälften verbreitert den Stengel sehr rasch (VI, 33). Durch Theilung der Zellen zweiten Grades (und ihrer Tochterzellen) mittelst den Stengelflächen paralleler Wände wächst der Stengel in die Dicke (VI, 32). Da, wo ein Knospenbehälter sich bilden soll, erlischt diese letztere Zellenvermehrung sehr früh, schon in den Zellen zweiten Grades, während sie in den Nachbarzellen noch fortdauert. So entsteht eine kreisrunde Vertiefung auf der Oberseite des Stengels, ganz nahe an dessen fortwachsendem Ende, und von den jüngsten Oberblättern völlig verdeckt (VI, 34). Einzelne der Zellen des Bodens und der Seiten jener Einsenkung treiben keulige Papillen, die bald durch eine Querwand vom ursprünglichen Raume der Mutterzelle getrennt werden (VI, 34, 35). Nach zwei- bis dreimaliger, in der Scheitelzelle sich wiederholender Quertheilung dieser kurzen haarähnlichen Zellen theilt deren halbkugelige Endzelle sich durch eine Längswand (VI, 35). Damit ist ein Zellenbildungsprocess eingeleitet, welcher schnell zur Entstehung einer kugeligen (oder polyedrischen) Zellgewebsmasse, einer Brutknospe führt, die mit einem glashellen Stiel (einer oder zweien engen cylindrischen Zellen mit wasserheller Inhaltsflüssigkeit) der Wand jener Einsenkung der Stengeloberfläche ansitzt. Die Anordnung der Zellen der Brutknospe entspricht der der Terminalknospe des Stengels (VI, 35, 35^b).

Bald nachdem die Entwickelung der erst entstehenden Brutknospen begann, erheben sich wallartig die Ränder der Einsenkung, in deren Vertiefung sie entstehen; zunächst der Hinterrand (VI, 34). Es bildet sich über der Brutknospen erzeugenden Einsenkung eine cylindrische, oben offene Röhre (VI, 36). Die Zellen des Brutknospenbehälters selbst und die des unteren Theiles seines wuchernden Randes nehmen an der jetzt eintretenden Längsdehnung des Stengelgewebes Antheil. Die Zellen des oberen Theiles jener Röhre dehnen sich nur aufwärts, die des freien Randes derselben fahren dabei fort, sich durch Querwände zu theilen. Dadurch wird der untere Theil des Knospenbehälters langgezogen bauchig; die oben offene Röhre erscheint seinem vorderen Ende eingefügt.

Auch auf der Innenseite der oberen Wölbung des Knospenbehälters spriessen jetzt Brutknospen hervor. Der Innenraum des Behälters ist, gleich denen der Marchantieen, mit dickflüssigem wasserklaren Schleime ausgefüllt, dem zahlreiche kurze, unmessbar dünne grünliche Fäden (Anfänge von Pilzen?) eingebettet sind (VI, 35). — Die Rudimente der Brutknospen zeigen eine, an Zellen die zu einem

lebhaften Vermehrungsprocess bestimmt sind, in hohem Grade auffallende Eigenthümlichkeit. Ihr Inhalt ist völlig wasserhell. Ein Zellenkern ist durchaus nicht wahrzunehmen. Nur sehr selten finden sich feste Bildungen im Zellsafte: eines bis drei scharfgezeichnete eckige sehr kleine Körperchen mit äusserst lebhafter Molecularbewegung (VI, 35[b]). Concentrirte Iodtinctur schlägt eine kaum bemerkliche Menge einer gelbbraunen Substanz auf die Innenwand der Zelle nieder, selbst wenn man das Präparat in ihr stark erwärmt. Erst wenn die Brutknospe (den Stiel abgerechnet) vier- bis fünfzellig ist, wird in jeder ihrer Zellen ein Kern bemerklich, gleichzeitig mit den ersten, schön smaragdgrünen Chlorophyllkörperchen. Die Zahl dieser mehrt sich beträchtlich gegen die Zeit der vollen Ausbildung der Brutknospe. Jetzt treten in deren Zellen zahlreiche Tropfen eines hellgelben fetten Oeles auf. Das Chlorophyll wird missfarbig. Endlich löst sich der Stiel der reifen Brutknospe von der Wand des Behälters; die Knospe wird durch die enge Ausführungsröhre des flaschenförmigen Behälters hindurchgetrieben, und gelangt ins Freie (ohne Zweifel in Folge der Pressung welchen die zahlreichen an Grösse rasch zunehmenden jungen Brutknospen auf den Schleiminhalt ihres Behälters nothwendig ausüben, der dadurch in stetiger Bewegung gegen die Oeffnung des Halses sein muss).

Man findet in den Lehrbüchern die Angabe, die Brutknospenbehälter der Blasia seien in der Jugend geschlossen und öffneten sich später an der Spitze (vergl. *Nees v. Esenbeck* Naturgesch. d. europ. Lebermoose B. 3 S. 395). Einen wesentlichen Antheil an dieser irrigen Ansicht mag eine misslungene Abbildung *Hedwig's* haben (Theoria generationis ed. II T. XXX f. 9).

Die Keimung der bei uns heimischen blättertragenden Lebermoose zeigt, abgesehen von der durchaus eigenthümlichen, wunderbaren Entfaltung der Sporen von Blasia (vergl. die schönen Untersuchungen *Gottsche's*, N. A. A. C. L. vol. XX, p. 1), mindestens drei wesentlich verschiedene Entwickelungsweisen.

Frullania dilatata hat von allen die grössten Sporen. Sie sind länglich tetraëdrisch, mit gerundeten Kanten und Ecken; seltener kugelig. Die innere Haut ist glashell, nicht eben zart, die äussere dünn, häutig, gelbbraun, in regelmässigen Entfernungen mit kreisrunden Gruppen brauner Erhabenheiten besetzt (VII, 1, 2). Der Inhalt ist eine gelbliche, zähe Flüssigkeit, in der zahlreiche Körnchen schwimmen. Im Mittelpunkt der Spore ist ein rundlicher Ballen undurchsichtiger Substanz (ein von Körnchen umhüllter Zellenkern) undeutlich wahrzunehmen. Schon fünf Tage nach der Aussaat beginnt das Keimen der Spore. Zahlreiche sehr kleine Chlorophyllkörperchen bilden sich in ihrer Inhaltsflüssigkeit. Der primäre centrale Kern verschwindet, dafür treten zwei neue ellipsoïdische Kerne auf. Acht bis zwölf Tage nach der Aussaat erscheinen diese durch eine zarte Linie getrennt, die Profilansicht einer die Spore in zwei Zellen theilenden Wand (VII, 2, 3). Die eine dieser Zellen theilt sich rasch und andauernd durch wechselnd geneigte Wände (VII, 4, 5, 9); die so sich bildenden Tochterzellen zweiten Grades durch radiale Längswände. So entstehen Zellen dritten Grades von Form eines Cylinderquadranten, die durch der Längsachse der keimenden Spore parallele, die Seitenwandungen unter 45° Grad schneidende Wände sich theilen. In den äusseren neuen Zellen vierten Grades bilden sich senkrechte radiale, darauf wagrechte Wände. Die Spore verwandelt sich dadurch binnen Monatsfrist in eine eyförmige Zellenmasse, deren Längsdurchmesser den der eben reifen Spore ums drei- bis fünffache übertrifft (VII, 6—12). Die äussere Sporenhaut, beträchtlich sich ausdehnend, umhüllt geraume Zeit den sich stetig vergrössernden Zellenkörper (VII, 6, 11), bis sie endlich zerreisst; ihre Reste bleiben oft lange an seinem Grunde hängen (VII, 16).

Jetzt wächst eine der Basalzellen der Keimpflanze zu einer Haftwurzel aus, mit dicker Wand, engem Lumen, die vollkommen denen gleicht, welche die völlig ausgebildete Pflanze entwickelt (VII, 13). Sämmtliche Zellen der Oberfläche des Keimpflänzchens, mit Ausnahme der seiner Spitze, wölben sich papillenartig nach aussen. Zehn Tage später sind die ersten Blätter hervorgesprosst, dicht unter dem Scheitel des Keimpflänzchens auf gleicher Höhe des Stengelchens sich gegenüberstehend (VII, 15—17). Die Anordnung ihrer Zellen ergiebt, dass ihr Wachsthum durch wiederholte Theilung einer über die Fläche des Stammes hervortretenden Zelle mittelst wechselnd geneigter, auf der Blattfläche senkrechter Scheidewände erfolgte. Das zweite Blattpaar steht genau über dem ersten; die beiden anderen Blattreihen der älteren Pflanze treten erst später auf. Auch ist die Form dieser frühesten Blätter (einfach zugespitzt-eyförmig) sehr abweichend von der der zweilappigen, im Einschnitt scharf zusammengefalteten späteren Blätter. Zwischen den Blättern findet sich die Endknospe des Stengels als stumpf kegelförmiges Wärzchen (VII, 15—17). Auch bei ihr erfolgt das Wachsthum deutlich durch Theilung einer Scheitelzelle mittelst wechselnd geneigter Wände.

Die kleinen kugeligen Sporen der Jungermannia bicuspidata haben eine spröde, fein gekörnelte, bräunliche äussere Haut; ihr Inhalt ist eine schleimige trübe Flüssigkeit. Die Polster von Palmelleen, die unter den Rasen dieses Lebermooses sich vorzufinden pflegen, geben zur Keimung der Sporen einen besonders geeigneten Boden. Schon acht Tage nach Aussaat der Sporen in die stets feuchten schleimigen Massen sprengt die anschwellende primäre Sporenzelle die äussere Haut, und tritt durch den Riss blasig hervor (IX, 8). Sie enthält zahlreiche sehr schön smaragdgrüne Chlorophyllkörperchen. Bald erscheint der aus der äusseren Sporenhaut hervorgetretene Theil durch eine Querwand vom innerhalb derselben verharrenden getrennt. Durch fortwährende Theilung der vorderen, den Resten des Exosporium abgewandten Endzelle durch Querwände — deren Entstehen auch hier, wie bei höheren Pflanzen überall, das Auftreten zweier neuen Zellenkerne in der Mutterzelle vorhergeht (IX, 9—11) — wird die keimende Spore, noch vor Ablauf eines Monats nach ihrem Verstäuben, zu einer, aus sieben bis acht Zellen bestehenden einfachen Zellenreihe (IX, 12).

In den einzelnen Zellen derselben, mit Ausnahme der einen oder zwei untersten, beginnt jetzt eine Theilung durch Längswände, gleichzeitig mit einem lebhaften Längenwachsthum der Keimpflanze, welches durch Theilung der Scheitelzelle mittelst wechselnd geneigter Wandungen erfolgt. So entsteht ein schmales Band, aus einer einfachen Lage je zu zwei neben einander liegender Zellen gebildet, nahe dessen unterem Ende sich eine schwache Verdickung des Zellgewebes findet, entstanden durch die Theilung einiger der Gliederzellen des aus der Keimung der Spore hervorgegangenen Zellenfadens durch mehr als eine Längswand. Die Bandform des vorderen Endes des Keimpflänzchens wird bald zur cylindrischen, indem die aus Theilung der Endzelle durch geneigte Wände hervorgehenden Zellen zweiten Grades sich durch radial gestellte Längswände theilen (IX, 13). Bald sprossen aus einzelnen dieser Zellen, stets dicht unterhalb der an die nächsthöhere Zelle grenzenden Wand, kurze Zellenäste hervor, die bald durch eine Querwand von dem Innenraume ihrer Mutterzelle sich abscheiden. Sie stehen in zwei senkrechten Reihen, die untersten in Bezug auf ihre Höhe an dem Keimpflänzchen regellos, die oberen sehr regelmässig alternirend (IX, 14). Die untersten verändern sich nicht, aber schon in den dritten bis fünften, von unten auf gezählt, findet Theilung durch eine Querwand statt; an den höheren wiederholt sich in der Endzelle diese Theilung, so dass sie als dreigliederige Zellenreihen erscheinen. Die noch später ent-

stehenden zeigen in ihren Basalzellen Längswände, an der Spitze eine Gabelverästelung; sie gleichen jetzt schon in ihrem Umriss Blättern der Pflanze (IX, 14). An entwickelteren Keimpflanzen treten weiter aufwärts an der Stelle jener Zellenreihen völlig ausgebildete Blätter auf. — Einzelne Punkte der Wandung mancher der Zellen der Unterseite des Keimpflänzchens wachsen oft schon früh zu Wurzelhaaren aus und dringen in die Unterlage ein (IX, 13).

Jungermannia divaricata Engl. Bot. und Alicularia scalaris (VIII, 55), von welchen beiden ich eben keimende Sporen und halbentwickelte Keimpflanzen fand, scheinen sich beim Keimen in allen Stücken der J. bicuspidata gleich zu verhalten. Auch die Keimung der Lophocolea heterophylla stimmt im Allgemeinen mit jener überein. Doch wird hier die zartere, bräunliche äussere Sporenhaut von der anschwellenden innern nicht durchbrochen, sondern nur allmälig ausgedehnt, bis sie endlich beim weiteren Vorschreiten des Keimens verschwindet. Die kleinen kugeligen Sporen, auf modernde Baumrinde gestreut, schwellen binnen wenig Tagen aufs dreifache ihres Umfanges an (VIII, 37^{a}). Zahlreiche Chlorophyllkörperchen entstehen dabei in ihrer Inhaltsflüssigkeit; ein Zellenkern im Centrum der Zelle (schon in der von der Kapsel noch umschlossenen Spore wenn auch schwierig zu erkennen) wird deutlich sichtbar. Er verschwindet, zwei neue Zellenkerne treten auf. Durch eine zwischen beiden entstehende Querwand theilt sich die keimende Spore in zwei Hälften (VIII, 37^{b}). Der nämliche Vorgang wiederholt sich in einer der neu entstandenen Zellen; so bildet sich eine kurze einfache Zellenreihe (VIII, 37^{d}). Die Endzelle derselben schwillt kopfförmig an; sie theilt sich durch eine Längswand (VIII, 38). Aus der andauernden Theilung der Endzellen geht ein schmales Band von Zellgewebe hervor, ähnlich der zweiten Entwickelungsstufe der Keimpflanze der J. bicuspidata, das wie bei jener Pflanze seitlich regelmässig gestellte Haare, nach unten hin Haarwurzeln (VIII, 39), endlich nach weiterer Entwickelung an seiner Spitze vollkommene Blätter hervorbringt (VIII, 40). Beim ersten Hervorsprossen derselben fand ich den hinteren, ältesten Theil des Vorkeims stets schon völlig abgestorben.



Die Sporen von Radula complanata sind ziemlich gross, kugelrund, von einem braungelben Exosporium umkleidet. In der Inhaltsflüssigkeit, welche zahlreiche sehr kleine Chlorophyllkörperchen enthält, schwimmt ein sehr deutlicher, grosser Zellenkern. Schon vierundzwanzig Stunden nach der Aussaat auf feuchte Baumrinde beginnt in der Mehrzahl der Sporen die Keimung (einzelne liegen wochenlang unverändert und keimen dann plötzlich). Zwei Zellenkerne, als lichte kreisrunde Räume im trüben Zellsafte sehr auffällig, treten an der Stelle des primären, centralen auf. Zwischen ihnen bildet sich eine die Spore in zwei Hälften zerfällende Wand (VIII, 11). In den neu entstandenen Zellen wiederholt sich die Theilung, aber durch zur ersten Scheidewand rechtwinklige Wandungen (VIII, 13); in der Spore haben sich nunmehr vier Zellen von Form von Kugelquadranten gebildet. Jede derselben theilt sich zunächst durch eine, der erst entstandenen Scheidewand entweder parallele oder auf ihr senkrechte Wand (VIII, 14, 15); die vier vierseitigen der neu entstandenen Zellen durch Wände, welche die letzt entstandenen Wandungen unter 90° schneiden (VIII, 17). Der aus Theilung der Sporenzelle hervorgegangene, jetzt zwölfzellige Körper, auf dessen Centrum vier, auf dessen Peripherie acht Zellen kommen, hat jetzt schon sehr ausgeprägt die Gestalt eines Kuchens. Auch ferner findet die Vermehrung der Zellen ausschliesslich in Richtung der einen Fläche statt, mit Ausnahme der **einmaligen** Theilung sämmtlicher Zellen durch der Fläche parallele Wände, die bisweilen schon jetzt (VIII, 16, 17^{b}), bisweilen etwas später erfolgt. Die Unterseite der flachen Ausbreitung treibt Wurzelfasern mit sehr engem Lumen, denen aus

den unteren Blattlappen der völlig entwickelten Pflanze hervorspriessenden ganz ähnlich. Endlich, fünf Monate nach der Aussaat, zeigt sich auf dem Rande des flachen Keimpflänzchens ein kleiner Zellgewebshügel, der bald durch das Hervorspriessen rudimentärer Blätter unterhalb seines Scheitels als erste Anlage zum beblätterten Stengel sich zu erkennen giebt (VIII, 20—22). Die Anordnung der Zellen der Endknospe des jungen Stengels weiset deutlich darauf hin, dass ihr Längenwachsthum mittelst andauernder Theilung einer Scheitelzelle durch wechselnd geneigte Wände erfolge (VIII, 23).

Die Ermittelung der Regel der Zellenvermehrung im fortwachsenden Ende des Stengels entwickelter Pflanzen der beblätterten Jungermannieen ist eine der schwierigsten Aufgaben. Die Endknospe erhebt sich nur sehr wenig über die Ursprungsstelle des jüngsten Blattes; die älteren Blätter umhüllen die Knospe dichter, als bei irgend anderen mir näher bekannten Pflanzen; zahlreiche Haargebilde die sich auf und zwischen den jüngsten Blättern entwickeln, stören die Anschauung; der Inhalt der jüngsten Zellen, dichter Schleim, dem zahlreiche, oft eng gedrängte Chlorophyllkörperchen eingebettet sind, ist fast undurchsichtig: alles nahezu unübersteigliche Hindernisse der Beobachtung. Nur wenige Fälle, ausser den bei Darstellung der Keimung aufgeführten, sind mir vollkommen klar geworden: Frullania dilatata (VIII, 1), Lophocolea bidentata (VIII, 33), Trichocolea tomentella (VI, 54), Jungermannia bicuspidata (IX, 16, 17) (die armblättrigen, aus den Achseln alter Blätter hervorbrechenden Sprossen der Gebirgsform, welche ihre Entstehung Adventivknospen verdanken). Sie alle stimmen im Wesentlichen überein, unter sich sowohl, als mit den bei der Keimung verschiedener Arten beobachteten Entwickelungsweisen der Stengelanlage. Eine Scheitelzelle theilt sich stetig durch wechselnd geneigte Scheidewände. Die Zellen zweiten Grades werden durch radiale Längswände getheilt. In jeder der dreiseitigen Tochterzellen entsteht eine die Seitenwände unter 45° schneidende, die Zelle in eine innere und eine äussere theilende Wand. Die letztere wird durch eine radiale Längswand in zwei Hälften zerfällt; damit endet bei J. bicuspidata, und bei vielen nahe verwandten, J. connivens, divaricata z. B. auch an reichbeblätterten Trieben das Wachsthum des Umfangs. Beide Zellenlagen, öfter aber nur die äussere, theilen sich auch bei diesen Arten noch durch horizontale Wände; ferner die vier inneren durch der Achse parallele Längswände, und nach deren Entstehung mindestens zwei, oft auch vier der neu gebildeten engen Zellen des Stengelinnern durch radiale. Die Achse des Stengels besteht dem zu Folge aus verhältnissmässig lang gezogenen Zellen, die vielmal enger sind, als die der einfachen Zellschicht der Rinde. Dadurch ist auch hier die Andeutung eines die Längsachse des Stämmchens durchziehenden Gefässbündels gegeben (VIII, 52). Auf ähnlicher Stufe der Ausbildung des Stengels in die Dicke — der niedersten die von den beblätterten Moosen aufwärts im Pflanzenreiche vorkömmt — bleiben auch die Keimpflänzchen aller beobachteter Arten stehen; erst eine Reihe von Erstarkungsgenerationen führt zur Bildung von dickeren Sprossen welche Fruchtanlagen bringen.

Die bunte Mannigfaltigkeit der Formen der Jungermannieenblätter spiegelt sich in den Regeln, nach denen die Entwickelung ihrer Zellen erfolgt, nur zum Theile ab: manche der auffälligsten Verschiedenheiten der Gestalt ausgebildeter Blätter beruhen auf abweichender Dehnung kleiner Zellengruppen und auf spät eintretender Vermehrung einzelner Zellen des Blattrandes. — Dieselben Schwierigkeiten, welche das klare Erkennen des Baues der Endknospe hindern, stehen in noch verstärktem Maasse der Beobachtung der ersten Entwickelungsstufen der Blätter entgegen. Nur in wenigen Fällen konnte ich die unmittelbare Anschauung gewinnen, dass das Blatt aus andauernder Theilung einer einzigen, früh über

den Stengelumfang gewölbt hervortretenden Zelle der Oberfläche des Stengels entsteht. Einer davon ist Fossombronia pusilla. Bei seinem ersten Auftreten ähnelt hier das Blatt völlig einem kurzen Haare: die einer Papille ähnliche Ausbuchtung einer Zelle der Stengeloberfläche wird zeitig durch eine Querwand vom ursprünglichen Zellraume, darauf durch eine jener parallele Wand in eine untere cylindrische und obere kolbige Zelle getheilt. Die Inhaltsflüssigkeit dieser ist ziemlich durchsichtig, die jener zeigt zahlreiche Chlorophyllkörperchen (VI, 37). Nur die untere Zelle theilt sich in rasch wiederholter Folge: zuerst durch eine Querwand, die untere der neu gebildeten Zellen, oder auch beide durch auf jener Wand und der Fläche des jungen Blatts senkrechte Scheidewände (VI, 38). Das obere Paar von Zellen dritten Grades theilt sich durch Querwände; in dem unteren treten Längswände auf, denen in den äusseren Zellen wieder Querwände folgen (VI, 39). Die gleiche Folge von Theilungen tritt in dem unteren der beiden Zellenpaare ein, welche aus Quertheilung der der Scheitelzelle nächsten zwei Zellen dritten Grades hervorgingen, und wiederholt sich, bei der Wiederkehr der Quertheilung des oberen dieser Zellenpaare, stets in den der Blattbasis näheren beiden neu entstehenden Zellen rechts und links der Mittellinie des Blatts. Durch oftmalige Längstheilung der Randzellen des unteren Theils wächst das Blatt währenddem beträchtlich in die Breite (VI, 40); die eine Längshälfte stets stärker als die andere. Diese Vermehrung dauert weit länger an der Basis des Blatts, wo sie mit dem Wachsthum des Stengels Schritt hält, endlich es überholt, als an dem oberen Rande, nach dem hin sie allmälig abnimmt. Einzelne Zellen des Rands vermehren sich länger als ihre Nachbarinnen, wiederholen dabei durch die Art ihrer Vermehrung im Kleinen die Bildung des Blattes; in Folge davon erhält das Blatt seine vieleckige Gestalt.

Die rudimentären ersten Blattansätze junger Keimpflänzchen der Lophocoleen sind, wie oben erwähnt, kurze Zellreihen; die erst entstehenden Andeutungen von Blättern gar nur einfache, aus Abschnürung kurzer Papillen durch eine Querwand entstandene Zellen. Dies macht es in höchstem Grade wahrscheinlich, dass eine einzelne Zelle des Stengelumfangs die Mutterzelle des Blattes sei. Zu der Zeit indess, da das junge Blatt zuerst über den Umfang des Stengels hervortritt, besteht es, von oben gesehen, schon aus vier neben einander geordneten, den Stengel zu einem Viertel umfassenden Zellen (VIII, 34). Die mittleren beiden derselben sind beträchtlich grösser als die seitlichen. Schon nach einmaliger Theilung der Mittelzellen durch zur Mittellinie des Blatts rechtwinklige, und durch von ihr rechts und links divergirende Wände wird die zweispitzige Form des Blattes angelegt. Die beiden mittleren Zellen des vierzelligen Vorderrandes des Blattes dehnen sich nämlich beträchtlich in die Länge; der Umriss jeder wird parabolisch, sie theilen sich jede wiederholt durch Querwände (VIII, 35). Die so entstehenden, breiten und niedrigen Gliederzellen werden durch den Längslinien der Blattzähne parallele Wände ein- bis achtmal getheilt. Die Lebhaftigkeit dieser Zellenvermehrung nimmt von unten nach oben hin ab; die Spitzen der Zähne ausgewachsener Blätter bestehen aus kurzen einfachen Zellreihen. — Während der Bildung der Blattzähne vermehrt sich die Zahl der Zellen des unteren Theils des Blattes durch Längs- und Quertheilungen noch sehr bedeutend. Die dort entstehenden Wände sind nicht immer zur Längslinie des Blatts rechtwinklig oder ihr parallel, sondern oft beträchtlich seitlich geneigt (VIII, 36). Häufige Unregelmässigkeiten der Anordnung der Zellen sind davon die Folge, namentlich bei Lophocolea heterophylla (VIII, 41).

Bei letzterer wachsen an den Blättern, welche den Uebergang von den zweispitzigen unteren

zu den ganzrandigen oberen bilden, die Blattzähne nicht durch Theilung der Endzellen mittelst einander paralleler, sondern mittelst wechselnd geneigter Scheidewände (VIII, 41).

Den Lophocoleen ähnlich verhalten sich in Betreff der Blattentwickelung J. bicuspidata und die nahe verwandten J. connivens und J. divaricata. Doch ist bei diesen die Regelmässigkeit der Anordnung der Zellen weit grösser, die Zellenvermehrung in der unteren ungetheilten Hälfte des Blattes sehr gering, bei J. divaricata oft fast Null. Die erste Anlage der zwei Spitzen des Blatts ist bei J. bicuspidata von sehr plumper Form (VIII, 46—48). — Noch schärfer, als bei Lophocolea und bei Jungerm. bicuspidata tritt bei Ptilidium ciliare der späte Beginn einer lebhaften Vermehrung der Zellen der Basis der Oberblätter hervor. Die Bildung des Blattes hebt damit an, dass eine der Zellen zweiten Grades des Stengels, dicht unterhalb dessen Spitze, sich nach aussen wölbt; so dass sie als flacher, ziemlich die Hälfte des Stengelumfangs umfassener wulstiger Saum erscheint (VII, 51 bei a). Die Zelle theilt sich durch eine zur Achse des Stengels radiale Längswand; beide Hälften des Vorsprungs werden durch den Aussenflächen des Stengels parallele Wände vom ursprünglichen Zellraum geschieden. Jede der beiden Zellen des jungen Blatts entwickelt darauf sich selbstständig in die Länge. Jede wölbt sich etwas nach aussen, so dass der Vorderrand des Blatts zwei sehr stumpfe Spitzen zeigt; darauf theilt sich jede der Zellen durch eine Querwand, welche die Ausbuchtung vom ursprünglichen Zellraume trennt (VIII, 51 bei b; man sieht nur eine Hälfte des Blattes). Diese Theilung wiederholt sich stetig in jeder der beiden Scheitelzellen. Jede Gliederzelle (Zelle zweiten Grades) wird durch eine Längswand halbirt. Die Zellen dritten Grades theilen sich durch dieser Wand parallele, oder durch zu ihr convergirende Wände (VII, 51 bei c); darauf wachsen die Zellen des Blattrands zu den langen Wimpern aus, welche der Pflanze ihren Artennamen geben, indem sie papillös sich ausdehnen, darauf je in der Scheitelzelle wiederholt durch Querwände sich theilen (VII, 52, 53). Endlich entstehen in den untersten der Zellen zweiten Grades dieser Auswüchse des Blattrandes Längswände. An stark entwickelten Blättern entspringen den Randzellen dieser spitzlichen Lappen des Blattsaumes neue Cilien, ganz in der gleichen Weise entstehend wie die sie tragenden Theile. Das Blatt besteht jetzt aus zwei symmetrischen Hälften, die nur eine einzige Zellreihe zur gemeinschaftlichen Basis haben, nur auf die Strecke einer einzigen Zelle am Grunde zusammen hängen (VII, 53). Diese eine Querreihe von Zellen ist es, welche durch spät erst eintretende wiederholte Zweitheilung zu der oft $\frac{1}{2}'''$ langen Zellfläche sich umbildet, welche die beiden Hauptzipfel des Blattes trägt.

Bei der so breitblättrigen Frullania dilatata ist das Blatt bei seinem ersten Hervortreten über den Umfang des zu dieser Zeit in der Peripherie nur vier Zellen zählenden Stengels, eine einfache breitgezogene Zelle (VIII, 1 bei a). Sie theilt sich zunächst ein- bis zweimal durch eine Querwand; die neuentstandenen Zellen darauf durch Längswände (VIII, 3). Jetzt wird jede Zelle des unteren Paares durch eine, der mit der Längslinie des Blattes zusammenfallenden erstentstandenen Wand parallele getheilt (VIII, 2, 3). Die beiden Scheitelzellen der Anlage des Blattes theilen sich darauf durch zur Längslinie desselben nahezu rechtwinklige Wände, in (dreiseitige obere) Zellen ersten Grades dritter Ordnung und (vierseitige untere) quergestreckte Zellen zweiten Grades. Die letzteren werden sofort nach ihrer Entstehung durch der Längslinie des Blattes parallele Wände in innere und äussere Zellen zerlegt (VIII, 5, 6). — Die gleichen Vorgänge wiederholen sich zu mehreren Malen in den beiden Scheitelzellen des jungen Blattes, so dass dasselbe bald zu einer eyförmigen Zellfläche wird; bestehend aus zwei inneren Zellenreihen, welche zur Rechten und zur Linken eine Reihe von Randzellen umsäumt. — Durch

wiederholte Theilung der Randzellen mittelst dem Blattrande paralleler Wände beginnt das Blatt bald in der Breite zu wachsen. Dabei wird die Art der Vermehrung der Scheitelzellen eine andere: der Theilung durch eine zur Längslinie des Blatts fast rechtwinklige Wand folgt die durch eine dieser Wand aufgesetzte, vom Medianus des Blatts nur wenig divergirende. Die jetzt vierseitigen, langgestreckten Scheitelzellen theilen fortan sich wechselnd durch Längs- und Querwände (VIII, 4). Auf den späteren Entwickelungsstufen des Blattes werden die aus der Theilung der beiden Scheitelzellen hervorgegangenen Zellen, die Randzellen sowohl als die Doppelreihe dem Medianus des Blattes angrenzender innerer Zellen, gleich nach ihrer Entstehung durch zur Längslinie des Blattes rechtwinklige Wände getheilt (VIII, 4, 8, 9). Dieser Theilung folgt die durch die letztentstandenen kreuzende, der Längsachse des Blatts parallele Wandungen. In den Zellen der Mitte geht diese nur einmal vor sich; in denen des Randes wiederholt sie sich bis zu achtmalen je in den äusseren Zellen (VIII, 8, 9). So wächst der untere Theil des Blatts beträchtlich in die Breite, in gleichem Maasse mit der Zunahme des Umfanges des Stengels. — Die beiden Scheitelzellen des Blatts halten gegen das Ende des Längenwachsthums desselben nicht genau Schritt in ihrer Vermehrung; die eine pflegt der anderen um eine Generation voraus zu eilen (VIII, 7, 8).

Schon wenn das Blatt nur vier Zellen hoch ist, beginnt eine der Randzellen seiner Basis sich seitlich zu wölben. Die Aussackung wird bald durch eine Querwand vom ursprünglichen Zellraume getrennt. Durch mehrmals je in der Scheitelzelle sich wiederholende Quertheilung wandelt sie sich in eine Reihe abgeflachter Zellen um, in ein bandförmiges, den Stengel umfassendes Anhängsel des jungen Blattes (VIII, 4): die erste Anlage des unteren, an den oberen angedrückten Lappens der Oberblätter. Durch Theilung seiner Zellen mittelst der Längslinie paralleler Wände wächst er in die Breite. Diese Zellentheilung wiederholt sich weit öfter in den Randzellen der dem oberen Lappen abgewandten Seite des unteren Blattlappens, als in denen der entgegengesetzten. Häufig setzt sie sich nicht bis in die der Scheitelzelle nächsten Zellen fort. Diese selbst wächst regelmässig zu einem keuligen Haare aus (VIII, 6).

Nachdem die Form des Blattes so angelegt ist, theilen sich die Zellen seiner Basis oft wiederholt wechselnd durch Längs- und Querwände (VIII, 7). Der Umriss des Blattes wird dadurch nicht verändert, die Zahl seiner Zellen aber gar sehr vermehrt, und die Strecke, auf welcher der obere Blattlappen mit dem unteren zusammen hängt, beträchtlich verlängert.

Die ersten Entwickelungsstufen der Unterblätter von Frullania dilatata gleichen völlig denen der zweizähnigen Oberblätter von Lophocolea bidentata. In derselben Weise wie dort bilden sich zwei Zähne des Vorderrandes. Bald aber tritt an den Seitenrändern des Blattes, unterhalb der Ursprungsstellen dieser Zähne, ein neuer Zellenbildungsprocess ein, beginnend durch seitliche Ausdehnung einer der Randzellen (VIII, 9), Abschnürung der Ausbauchung durch eine Querwand, und wiederholte Quertheilung der neu gebildeten Zelle. Durch ihn wird das bis dahin zweispitzige Blatt vierspitzig.

Die Blätter der Radula complanata entwickeln sich in allen Stücken vollkommen übereinstimmend mit den Oberblättern der Frullania dilatata. Auch bei dieser Art pflegt die Scheitelzelle des Unterlappens nach ihrer letzten Theilung zu einem kolbigen Haare auszuwachsen. Die Vermehrung der Zellen der Blattbasis überdauert hier die Beendigung der Theilung der Scheitelzellen besonders lange (VIII, 24—26).

Die Anordnung der Zellen in den Blättern der rundblättrigen gemeinen Jungermannieen (J. curta, crenulata, Alicularia scalaris) ähnelt sehr der späterer Zustände des Oberlappens der Oberblätter

von Frullania; sie entspricht aufs Genaueste der Stellung der Zellen in Richtung der Fläche junger Triebe von Pellia (VI, 50).

Im Allgemeinen zeigen die Blätter der Jungermannieen eine sehr ausgesprochene Neigung zur Entwickelung in die Breite. Bei keiner mir bekannten Art kommt eine andauernde Theilung einer einzigen Scheitelzelle durch wechselnd rechts und links spreizende Wände vor. — Die Entwickelung aller Jungermannieenblätter stimmt darin überein, dass das Blatt angelegt wird durch die Dehnung nach Aussen einer, oder einiger Zellen des Umfangs des Stengels dicht unterhalb der fortwachsenden Spitze desselben, und die darauf folgende Trennung durch Scheidewände dieser Ausbuchtungen vom ursprünglichen Zellraume. Dieses erste Rudiment des Blatts wächst zunächst ausschliesslich durch Theilung der Zellen seiner Spitze und seines Randes. Nach einer Reihenfolge solcher Theilungen, oft nach sehr wenigen (in den extremsten Fällen wie Fossombronia, Haplomitrium, letzteres nach *Gottsche's* Zeugniss,* nach einer einzigen) erfolgt eine meist sehr lebhafte und lange andauernde Vermehrung der Zellen der Blattbasis, welche dem Blatte seine Endgestalt verleiht.

Die Blattentwickelung verschiedener Jungermannieen, die ich im Vorstehenden zu schildern versuchte, lässt sich aus einem und demselben Gesichtspunkte betrachten. So einander fremdartig dem ersten Blicke auch die einzelnen Vorgänge erscheinen mögen: sie lassen sich sämmtlich auffassen als eine Neigung der Längshälften der jungen Blattanlage, sich selbstständig, häufig ungleichartig, zu entwickeln. Ober- und Unterlappen der Blätter von Scapania, Frullania, Radula u. s. w. entsprechen den beiden Blattzipfeln von Lophocolea, Jungerm. bicuspidata, Ptilidium und Anderen.

Die Art der Verzweigung der Jungermannieen ist sehr schwer zu enträthseln, der Beschaffenheit der Endknospen wegen. Es gelang mir bei keiner Art eine völlig klare Anschauung zu gewinnen. Viele Beobachtungen deuteten darauf hin, dass die normale Verzweigung der Achse durch eine ächte Gabeltheilung der nackten Spitze der Endknospe oberhalb der Ursprungsstelle des jüngsten Blattes erfolge (z. B. VI, 52 Ptilidium ciliare); keine steht dieser Annahme entgegen. Die Fälle, welche ihr zu widersprechen scheinen (die Entwickelung neuer Sprossen aus den Achseln der Blätter fruchttragender oder doch älterer Zweige erdbewohnender Jungermannieen), dürften als die Entfaltung von Adventivknospen zu betrachten sein.

Die Antheridien der Lebermoose sind meist blattwinkelständig; theils einzeln (Jungermannia, Lophocolea, Radula, Madotheca) theils zu mehreren (Alicularia, Frullania) in der Achsel desselben Blattes. Nur selten finden sie sich frei, nicht geschützt durch Hüllblätter, auf der Oberfläche des Stengels (Fossombronia, Haplomitrium). Die Antheridie wird dadurch angelegt, dass eine der Zellen der Oberfläche des Stengels, noch bevor das Wachsthum desselben in die Dicke vollendet ist, sich stark nach aussen wölbt, und dass die Ausstülpung durch Bildung einer Querwand vom ursprünglichen Zellraume abgetrennt wird. Seltner beginnt schon in der so entstandenen über den Stengelumfang hervorragenden Zelle eine Reihenfolge je in der Scheitelzelle sich wiederholender Theilungen durch wechselnd nach zwei Richtungen geneigte Wände (Madotheca platyphylla, Fossombronia pusilla). Häufiger wird die Anfangszelle der Antheridie mehrmals hinter einander durch einander parallele Querwände getheilt; sie wandelt sich dadurch in eine, oft sehr lange (Lophocolea heterophylla) Reihe cylindrischer Zellen um. Die End-

---

* N. A. A. C. L. vol. XX pars I.

zelle dieses Zellenfadens schwillt keulig an (VII, 18). Sie theilt sich durch eine von der Längsachse divergirende Wand; die obere der neu entstandenen Zellen darauf durch eine entgegengesetzt geneigte Wandung. Die Zellen zweiten Grades werden durch radiale Längswände getheilt; eine der Zellen des oberen, dem Scheitel der Antheridie näheren Paares von Zellen dritten Grades durch eine der Längsachse parallele, die Seitenwände ihrer Mutterzelle unter 45° schneidende Wand. Die junge Antheridie besteht jetzt aus einer kugeligen Zellengruppe — einer von fünf Zellen umhüllten Centralzelle, — welche von einem langcylindrischen Stiele, einer einfachen Zellenreihe, getragen wird (VII, 19; VIII, 31).

Die Zellen des letzteren theilen sich häufig noch durch den schon vorhandenen parallele Wände. Die Centralzelle des von ihm getragenen kugeligen Köpfchens vermehrt sich lebhaft nach allen drei Richtungen durch wiederholte Zweitheilungen (VIII, 31, 32, 45), während die Zellen ihrer Hüllschicht nur durch auf der Aussenfläche senkrechte Wände sich theilen, und zwar weit minder oft, als jene. Die Antheridie ist jetzt eine kugelförmige Masse kleiner, schleimerfüllter Zellen, die von einer einfachen Lage tafelförmiger, chlorophyllhaltiger Zellen umschlossen wird (VII, 20). In jeder jener kleineren Zellen bildet sich, innerhalb eines ellipsoïdischen oder kugeligen Bläschens, ein Samenfaden (VI, 42, 49^{b}; VII, 58). Bei der Reife der Antheridie weichen die Zellen ihrer Hüllschicht* auf dem Scheitel aus einander (VI, 41; VII, 21); die durch Verflüssigung der Wände der sie umschliessenden Zellchen frei gewordenen, Samenfäden enthaltenden Bläschen treten als schleimiger Brei hervor. Unter Wasser vertheilen sie sich, beginnen eine drehende Bewegung. Die Wandung der Bläschen zerreisst, der eingeschlossene Samenfaden tritt ganz oder theilweise hervor (VI, 42); unter beständiger Drehung um die Achse der Spirale, welche er darstellt, bewegt er sich im Wasser umher (VII, 21).

Die wesentlichen Theile — die Mutterzelle ersten Grades der Samenfäden und deren Hüllschicht — der Antheridien solcher Arten, bei denen schon in der ersten Anfangszelle der Antheridie die Theilung durch wechselnd geneigte Scheidewände beginnt, entwickeln sich in ganz ähnlicher Weise. Eine lange Reihenfolge von Zellen zweiten Grades vermehrt sich nicht, so dass eine cylindrische Doppelreihe von Zellen (bei Madotheca länger, bei Fossombronia kürzer) die zweite Entwickelungsstufe der Antheridie darstellt. Das freie Ende dieses Zellcylinders schwillt keulig an, und jetzt erfolgen in den zwei jüngsten Zellen zweiten Grades desselben die Theilungen, welche zur Bildung der centralen Zelle und ihrer Hüllschicht führen.

Madotheca platyphylla zeigt dabei noch eine besondere Eigenthümlichkeit. Die Zellen der Hüllschicht theilen sich nicht allein sehr oft durch auf der Aussenfläche senkrechte Wände, so dass sie an der ausgebildeten Antheridie verhältnissmässig klein und sehr zahlreich erscheinen, sondern die seitlich und unterhalb der Centralzelle theilen sich auch durch der Aussenfläche der jungen Antheridie parallele Wandungen; die oberen nur einmal, die unteren mehrmals wiederholt. Die Antheridie wird dadurch sehr massig; die (hier eyförmige) Gruppe Samenfäden erzeugender Zellen nimmt nur einen mässigen Theil ihrer oberen Hälfte ein. Die Decke dieser Zellengruppe ist auch hier stets eine einfache Zellschicht (VI, 49). — Die Wände der Zellen der Hüllschicht färben mit Iodtinctur sich blauroth.

Die Samenfäden der beblätterten Jungermannieen bleiben an Grösse erheblich hinter denen

* Deren Chlorophyllkörperchen bei einigen Arten (Fossombronia pusilla z. B.), denen von Anthoceros und den Laubmoosen ähnlich, jetzt eine gelbrothe Farbe annehmen.

von Pellia zurück. Die grössten unter den von mir untersuchten hat Fossombronia pusilla (Durchmesser der Bläschen in welchen die Samenfäden entstehen $^{1}/_{510}'''$); die der winzigen Jungermannia divaricata sind wenig kleiner (VII, 58); sehr klein sind die von Frull. dilatata und Madotheca platyphylla (VII, 21; VI, 49^{b}).

Die Entwickelungsgeschichte der — bei Fossombronia, Haplomitrium blattwinkelständigen, bei den übrigen in diesem Abschnitte genannten Gattungen, wenn auch bei mehreren nur an kurzen Seitenzweiglein, endständigen — Archegonien der beblätterten Lebermoose entspricht genau der der gleichen Organe der Pellia, der Marchantien und der Laubmoose. Die Archegonien der ächten Jungermannieen, der Radula complanata sind verhältnissmässig kurz, gleichförmig dick (VIII, 26, 57); die von Fossombronia (VI, 45) und von Frullania auffallend bauchig an der Stelle, welche die grosse Zelle am Grunde des Halstheils umschliesst; die von Frullania haben dabei von denen aller Moose, ohne Ausschluss irgend eines mir bekannten Laubmooses, den längsten Halstheil (VII, 22, 23). Mit wenigen, den eigentlichen Jungermannieen angehörenden, Ausnahmen stimmen die Archegonien der beblätterten Lebermoose darin überein, dass bis zur Bildung der Fruchtanlage eine nur einfache Zellschicht die Mutterzelle jener, die grosse Zelle an der Spitze des Bauchtheils, umschliesst; — alle darin, dass der Bauchtheil nur wenig hoch ist, dass vor der Befruchtung nur zwei bis drei, höchstens vier Zellen zwischen der unteren Wölbung jener grösseren Zelle und der Basis des Archegonium zu zählen sind.

Die Archegonien der grossen Mehrzahl der blättertragenden Lebermoose umschliesst ein eigenthümliches, becher- bis krugförmiges Gebilde von späterer Entstehung als die Archegonien selbst: der Kelch, calyx, perianthium, die Hülle der Autoren. In allen beobachteten Fällen erfolgt das erste Auftreten dieses Organs in der Form eines geschlossenen Ringes, aus einer einfachen Zellenlage gebildet. Solches ist der Fall bei den so verschiedenartig beschaffenen Hüllen von Frullania, von Radula und von Jungerm. bicuspidata und divaricata. — Die erste Anlage der Hülle bildet sich durch gleichzeitige Wölbung nach aussen und oben eines die Archegonien umschliessenden Gürtels von Zellen der Stengelspitze, und Abscheidung des gewölbten Theils der Zellen von dem in der Masse des Stengels liegenden durch eine Querscheidewand. Die gleiche Form der Theilung wiederholt sich zu mehreren Malen im Kranze von Scheitelzellen des jungen Organs. Bei Radula complanata dauert sie fort bis die Hülle die Vollzahl ihrer Zellen in Richtung der Länge erreicht hat. Ab und zu werden Zellen des Randes dabei auch durch senkrechte Wände getheilt und so die Zahl der Zellen des Umfangs nach oben zu vermehrt (VII, 28^{b}). Die ausgebildete Hülle von Radula erscheint in Folge davon als nach oben sich stetig erweiternde Düte, stark seitlich zusammengepresst — ohne Zweifel in Folge des Widerstands der einander fast berührenden Vorder- und Hinterlappen der Hüllblätter, zwischen denen das Organ sich entwickeln muss.

Ganz anders bei Jungermannia bicuspidata, divaricata und bei Frullania dilatata. Hier, besonders früh bei Letzterer, hört bald die Vermehrung der Zellen des freien oberen Randes der Hülle völlig auf. Dagegen erfolgt eine lebhafte Vermehrung der Basalzellen, eine rasch und oft sich wiederholende Theilung derselben, bei J. divaricata und bicuspidata vorwiegend durch horizontale, bei Frullania ziemlich eben so stark durch verticale Wände (VII, 22^{b}; VIII, 57; IX, 1, 2). Die Zellen des freien Rands der Hülle von J. bicuspidata wachsen schon früh zu langen Zähnen, mit durchsichtigem Inhalt und dicken Zellwänden aus (IX, 2). Die Form des Organs geht aus der eines offenen Körbchens durch die cylindrische in die keulige über; die zusammenneigenden Zähne verschliessen die Oeffnung über der halbreifen Frucht. Bei Fr. dilatata wird die Hülle während der Entwickelung stärker und stärker bauchig (VII, 22^{b}); die Mün-

dung, ein enger Ring, wird höher und höher empor gehoben, erreicht die Höhe des Scheitels der Archegonien kurz nach erfolgter Befruchtung (VII, 25), und wird bis zur Beendigung des Längenwachsthums der Hülle noch ungefähr fünfmal höher von den sich lange vermehrenden und endlich stark dehnenden Zellen der Basis getragen. Bei der Fruchtreife ist die Zahl der Zellen des freien Randes der engen Mündung der Hülle auch nicht um eine grösser, als bei dem ersten Hervorsprossen der Hülle aus dem Umfange des Stengels unterhalb der Archegonien: 16 bis 20.

Wie bei Anthoceros, bei Pellia, den Marchantieen, und den Moosen überhaupt bildet sich in der grossen Zelle an der Basis des Halstheils des Archegonium um deren primären Kern eine freie Zelle, welche Anfangs kugelig und wenig grösser als dieser, zu der Zeit, da der Scheitel des Archegonium aufbricht, die Mutterzelle völlig ausfüllt (VII, 22, 23; VIII, 60 völlig frei präparirt). Während ihrer Entwickelung werden die Querwände des in der Achse des Halstheiles des Archegonium verlaufenden Zellstranges verflüssigt; nur die Wand der Basalzelle desselben bleibt unversehrt (VII, 23). Jetzt weichen die Zellen des Scheitels des Archegonium auseinander; der mit Schleim gefüllte Canal in der Mitte des Halstheiles desselben wird so geöffnet.

Die meisten Archegonien entwickeln sich nicht weiter, als bis zu dieser Stufe der Ausbildung. Die Zellenwände welche an den Längscanal des Halses grenzen, nehmen kastanienbraune Farbe an; ebenso die Innenwand der grossen Centralzelle des Bauchtheils. Die innerhalb dieser letzteren entstandene sphärische Zelle verwandelt sich in einen schwarzbraunen Klumpen. In einzelnen Archegonien, nicht oft in mehr als einem desselben Blüthenstandes bildet sich durch andauernde Theilung der in der Centralzelle des Bauchtheils entstandenen sphärischen Zelle eine Frucht. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass es der Einwirkung aus Antheridien derselben Art entleerter Samenfäden auf das Archegonium bedarf, um die Entstehung einer Fruchtanlage zu veranlassen. Wo in der Nähe archegonientragender Pflanzen antheridientragende vorkommen, finden sich zahlreiche Früchte; im entgegengesetzten Falle fehlen sie. Ein auffälliges Beispiel dieser Erscheinung gewährt die vielverbreitete Lophocolea bidentata, welche überall reichlich Archegonien, aber nur höchst selten Antheridien und eben so selten Früchte trägt. Die Arten fructificiren am Reichlichsten, welche wie die jener nahe verwandte Lophocolea heterophylla, Radula complanata, Jungermannia divaricata (letztere häufig, nicht immer) in den Achseln der Blätter des an seiner Spitze Archegonien hervorbringenden Sprosses Antheridien tragen. Frullania dilatata, eine der am reichsten fruchttragenden Arten, zeigt freilich nicht eben häufig Antheridien tragende Sprossen. Hier aber ist durch die Art des Wachsthums der Pflanze die Wanderung des Inhalts der Antheridien zu den Archegonien sehr erleichtert. Es sind vorwiegend die in trockenerer Lage, höher oben an Baumstämmen wachsenden Rasen der Frullania, welche Antheridien bringen. Bei jedem Regen, bei jedem starken Thau sickert eine beträchtliche Wassermenge von den Antheridien tragenden Rasen zu den tieferen, Archegonien tragenden herab. — Uebrigens steht bei Frullania die Zahl der Früchte, so gross sie auch zu sein pflegt, doch in keinem Verhältniss zu der ganz enormen Menge von Archegonien tragenden Zweigen, welche die Pflanze entwickelt. Die grosse Mehrzahl der (nur zwei bis drei Archegonien enthaltenden) Blüthenstände schlägt fehl, entwickelt keine Frucht.

Der Bau der Hülle der Jungermannieen ist kein Hinderniss der Befruchtung. Bei Radula, bei Frullania, wohl auch bei den Lejeunien beginnt die Entwickelung der Fruchtanlage, noch ehe der Rand der Hülle über den Scheitel der Archegonien sich erhebt. Auch bei Jungermannia bicuspidata beginnt

die Fruchtentwickelung oft schon sehr früh, wenn noch die Hülle die Form eines weit offenen Körbchens hat (IX, 2), oft aber auch, wie auch bei Jungermannia divaricata, erheblich später, wenn die Hülle schon die Gestalt eines Hohlcylinders annahm, wenn ihr Rand sich zu falten und zusammen zu neigen anhebt. Gerade aber diese Fälle gestatten den unzweifelhaften Nachweis, dass selbst unter erschwerenden Umständen die Samenfäden zu den Archegonien zu gelangen vermögen. Ich habe in Hüllen beider Arten, welche ich durch Längsschnitte öffnete und rasch unter Wasser brachte, zu mehreren Malen aufs Unzweifelhafteste rasch sich bewegende Samenfäden beobachtet, welche die Archegonien munter umspielten (VIII, 49). — Auf der Oeffnung aller vor Kurzem aufgebrochenen Archegonien von Jungermannieen finden sich oft in grosser Anzahl kleine kugelige Tropfen (oder Bläschen?) glasartig durchsichtiger schleimiger Substanz. Sie scheinen eine Umbildung der ausgetretenen Inhaltsflüssigkeit des Canals zu sein, welcher den Halstheil des Archegonium durchzieht. Zwischen diesen sah ich, auf dem Scheitel solcher Archegonien von J. bicuspidata und von J. divaricata sowohl, als von J. bicrenata, und Alicularia scalaris, welche durch das beginnende Anschwellen ihres Bauchtheils die erste Andeutung des Anfanges der Fruchtbildung gaben, zarte, mehr oder weniger geschlängelte, farblose Fäden, in Aussehen und Grösse Samenfäden der betreffenden Arten völlig ähnlich, aber bewegungslos (VIII, 49, 59, 61).

Die erste Theilung der Mutterzelle der Fruchtanlage ist die durch eine auf der Längsachse des Archegonium und derjenigen der künftigen Frucht rechtwinklige Querwand (VII, 24, 25; VIII, 49, 61; IX, 2). Bei Frullania dilatata ist der jüngste, zweizellige Zustand der Frucht kurz eyförmig; bei Jungerm. divaricata wenig länglicher, bei Jungerm. bicuspidata sehr lang gezogen. Die untere der neu gebildeten Zellen bleibt mit seltenen Ausnahmen während der ganzen Lebensdauer der Frucht ohne Theilung; die obere theilt sich entweder sofort durch eine Längswand (Frullania dilatata, Lophocolea heterophylla, Radula complanata, Alicularia scalaris; überhaupt die grosse Mehrzahl der Fälle); oder aber sie theilt sich noch ein oder mehreremale durch horizontale Querwände (Jungerm. bicuspidata VIII, 50, frei präparirt; J. divaricata VIII, 62); erst in der Scheitelzelle der aus einer einfachen Reihe von drei bis fünf Zellen bestehenden jüngsten Fruchtanlage erfolgt die Theilung durch eine Längswand.

In beiden neugebildeten Scheitelzellen entsteht jetzt eine wagrechte Querwand; jede zerfällt dadurch in eine obere Zelle, von Form eines Kugelquadranten, und eine untere, halbcylindrische. Darauf bildet sich in jeder der Scheitelzellen eine zur Achse der jungen Frucht radiale, die Zelle halbirende Längswand, so dass die Fruchtanlage nun vier Scheitelzellen zeigt. Bei Frullania tritt diese Theilung schon in dem der Basalzelle nächstem Zellenpaare auf (VII, 26—32). — Von nun an vermehrt die Fruchtanlage die Zahl ihrer Zellen in Richtung der Längsachse zunächst ausschliesslich durch wiederholte gleichzeitige Theilung ihrer vier Scheitelzellen mittelst wagrechter (zur Achse der Frucht rechtwinkliger) Querwände.

In der einfachst denkbaren Form zeigt sich diese Art der Zellenvermehrung an der wenigzelligen Fruchtanlage der Jungermannia divaricata. Die Scheitelzellen derselben führen farblosen, durch viele grössere und kleinere Körnchen getrübten Schleim; die Gliederzellen sind durch zahlreiche kleine Chlorophyllkörperchen tief graugrün gefärbt (VIII, 62, 63). Nach acht- bis zehnmal wiederholter Quertheilung der vier Scheitelzellen ist das Längenwachsthum der Frucht vollendet (VIII, 63, 64). Das Doppelpaar von Zellen, welches jetzt den Scheitel der keuligen Fruchtanlage ausmacht, bleibt dann fürs Erste unverändert; die drei nächsten dagegen theilen sich durch der Längsachse der Frucht parallele, die

Seitenwände unter 45° schneidende Wände in innere und äussere (VIII, 64). Die Letzteren werden zur Kapselwand; in jeder derselbeu erfolgen noch mehrere Theilungen durch auf den freien Aussenflächen senkrechte Längs- und Querwände (die Kapselwand pflegt kurz vor dem Aufspringen im Umfange 24, in der Höhe 8 oblong-tafelförmige Zellen zu zeigen). Die inneren Zellen werden durch eine Reihenfolge vorwiegend in radialer und tangentaler Richtung erfolgender Theilungen theils zu Reihen von Sporenmutterzellen, theils zu Schleudern. Die Elateren verlaufen bei J. divaricata, wie bei allen ächten Jungermannieen, auch bei Radula, von der Innenwand der Kapsel horizontal bis an deren Längsachse. Bei allen diesen ist das zu Sporen und Schleudern sich umwandelnde innere Gewebe der Kapsel bei der ersten Differenzirung von Kapselwand und Inhalt eine kurze, schwach bauchige Säule, aufgebaut aus Doppelpaaren im Grundriss quadrantischer Zellen (VIII, 29). Die ersten Theilungen derselben erfolgen durch auf der Längsachse der Frucht senkrechte Wände, wechselnd mit solchen durch zu ihr radiale. In den Zellen, welche Elateren darstellen sollen, bilden sich keine Querwände, während ihre Schwesterzellen durch wiederholte Theilung parallel der Fruchtachse zu Reihen der Anlage nach würfelförmiger Zellen werden — den Mutterzellen der Sporen. Diese sind demgemäss in Reihen geordnet, welche von der Längsachse der Kapsel aus wagrecht strahlen, deren drei je auf eine Elatere kommen, deren vier (durch Verschiebung bis acht) ihr angrenzen (IX, 20).

Gleichzeitig mit dem Beginn der Sonderung von Kapselwand und Inhalt der Jungermannia divaricata durch Theilung dreier Doppelpaare von Zellen des oberen keuligen Theils der Fruchtanlage in äussere und innere bilden sich in dem ersten und zweiten Zellendoppelpaare oberhalb der Basis der jungen Frucht ebenfalls der Fruchtachse parallele Wände; die äusseren der so entstandenen neuen Zellen theilen sich durch radiale Längswände. Indem sie darauf beträchtlich in die Breite sich dehnen und nach aussen sich wölben, stellen sie die knollige Anschwellung dar, durch welche die Frucht in dem Gewebe des sie tragenden Stengels haftet (VIII, 64). Die Basalzelle und das Zellenpaar über ihr bleiben dabei unverändert. Dagegen theilen die Zellen des Theiles der Fruchtanlage zwischen der Anschwellung der Basis und dem Grunde der Kapsel — des Fruchtstiels — sich sämmtlich durch horizontale Querwände. Sie stellen so Quadranten sehr niedriger Cylinder dar; der Querdurchmesser übertrifft die Höhe um das Sechs- bis Achtfache. Eine plötzliche Längsdehnung dieser Zellen, nachweislich das Funfzigfache des ursprünglichen Längsdurchmessers der Zellen weit übersteigend, hebt bei der Fruchtreife die Kapsel durch den Riss der zersprengten Calyptra hoch über die Hülle empor. — Von einer Saftströmung in den Zellen des Fruchtstiels fand ich keine Spur selbst bei dieser, zu solcher Beobachtung sicher am besten geeigneten Art.

Die Entwickelung der Frucht der grossen Mehrzahl der Jungermannieen stimmt sehr mit der der Jungerm. divaricata überein, und unterscheidet sich nur durch öftere Wiederholung gewisser Zellentheilungen; durch stärkere Entwickelung in die Länge und Dicke. Bei Jungermannia bicuspidata (VIII, 51; IX, 4) und trichopylla wie bei Radula complanata, bei Lophocolea heterophylla wie bei Alicularia scalaris (VIII, 53) theilen sich die vier Scheitelzellen der Fruchtanlage oft wiederholt durch horizontale Querwände; die so entstehenden dreiseitigen Zellen zweiten Grades aber sämmtlich durch der Tangente der gekrümmten Aussenwand parallele, die Seitenwandungen unter 45° schneidende Wandungen; bei Jungermannia bicuspidata (IX, 5), trichopylla nur einmal, bei Lophocolea heterophylla (VIII, 43), Radula complanata (VIII, 28, 29) zweimal (bei letzteren durch Wiederholung der Theilung in den äusseren Zel-

len, nach vorgängigem Entstehen radialer Längswände in denselben). Nach dem Erlöschen der Vermehrung der Scheitelzellen entsteht aus der andauernden Theilung der äusseren Schicht (bei Lophocolea, Radula, Alicularia der zwei äusseren Schichten) von Zellen des oberen keuligen Endes der Fruchtanlage die Kapselwand; aus der Vermehrung der von dieser Wand umschlossenen länglichen aus vier Längsreihen dreiseitiger Zellen gebildeten axilen Gruppe von Zellen die, von der Längsachse der Frucht strahlig zur Kapselwand verlaufenden Schleudern, und die diesen in wagrechten Reihen zwischen gelagerten Mutterzellen der Sporen. — Die Zellen des mittleren Theils der Fruchtanlage werden durch wiederholte Quertheilungen niedrig tafelförmig; ihre Gesammtheit stellt den Fruchtstiel dar. Bei Jungermannia bicuspidata, trichophylla besteht der Fruchtstiel in der Regel aus zwölf Längsreihen von Zellen: vier im Innern des Stieles verlaufenden Zellsträngen dreiseitiger, und einer diese umhüllenden Schicht je acht in gleicher Höhe stehender Zellen. In den Zellen der Hüllschicht erfolgt eine Quertheilung mehr als in denen der centralen Stränge; diese sind doppelt höher als jene (IX, 6, 20). Der bei Sonderung von Kapselwand und Inhalt aus drei concentrischen Zellschichten bestehende Fruchtstiel von Lophocolea, Radula und Alicularia wächst nach diesem Zeitpunkte noch in die Dicke; bei Radula durch noch einmalige, bei Lophocolea und Alicularia durch mehrmals wiederholte Theilung der Zellen seines Umfangs.

Die Basis der Fruchtanlage endlich wird durch allseitige, nach unten zu abnehmende Vermehrung ihrer Zellen zur rübenförmigen, dem Gewebe des fruchttragenden Sprosses eingesenkten Anschwellung. Diese entwickelt sich, wie aus *Gottsche's* schönen Untersuchungen (N. A. A. C. L. vol. XXI p. II) bekannt, am stärksten und eigenthümlichsten bei den Geocalyceen, wo ihr oberer Rand zur den Fruchtstiel weit umfassenden Scheide, bei Calypogeia zu einer hohen zarten Membran auswächst. Eine ähnliche Erscheinung findet sich bei der, in der Bildung ihrer Hülle an die Geocalyceen einigermaassen erinnernde Alicularia scalaris: hier entwickeln sich aus der Anschwellung des unteren Endes der Fruchtanlage vier dreieckige, fleischige Lappen, welche die Basis des Fruchtstiels umfassen (VIII, 54); minder hervortretend bei den eigentlichen Jungermannieen, bei Lophocolea. Frullania dilatata zeigt davon kaum eine schwache Andeutung (VII, 35); bei Radula complanata endlich ist nur eine sehr mässige Anschwellung des unteren Endes des Fruchtstiels vorhanden, hervorgebracht durch Querstreckung und papillöse Dehnnng der Zellen der Aussenfläche desselben (VIII, 30).

Die Entwickelung der Frucht der Frullania dilatata (und ohne Zweifel auch die der nahe verwandten Lejeunien) weicht in ihren mittleren Stadien nicht unwesentlich ab von der der eigentlichen Jungermannieen. Bei Frullania theilen sich frühe schon auch die vier Scheitelzellen der Fruchtanlage durch Längswände, welche mit den Seitenwandungen Winkel von 45° bilden, von der Längsachse der Frucht aber in einem spitzen Winkel divergiren. Die Theilung der Scheitelzellen erfolgt fortan in gleicher Weise, wie bei Pellia und bei Aneura (S. 18). Der untere Theil der Fruchtanlage wächst währenddem beträchtlich in die Dicke; die Zellen seines Umfangs theilen sich oft wiederholt durch der Achse parallele Längswände, wechselnd mit radialen. Die Form der Fruchtanlage ist weit minder schlank, ihr Scheitel verhältnissmässig weit breiter, als z. B. bei Jungermannia bicuspidata oder Radula complanata (VII, 33). — Eine wagrechte Platte von Zellen, durch eine sie bedeckende Doppelschicht von Zellen vom Scheitel der Fruchtanlage getrennt, ist es, welche durch ihre Vermehrung die Schleudern und die Mutterzellen der Sporen erzeugt, nachdem die Vermehrung der Scheitelzellen der jungen Frucht in Richtung der Länge aufhörte (VII, 34). Die sie bedeckenden zwei Lagen von Zellen, durch häufig wiederholte

Längs- und Quertheilung mittelst auf der Aussenfläche senkrechter Wände sich stark vermehrend, werden zur Kapselwand, die in Folge der raschen Zunahme der Zahl ihrer Zellen höher und höher, endlich mehr als halbkugelig sich wölbt (VII, 35). Die Mehrzahl der etwas langgestreckten Zellen der von ihr umschlossenen horizontalen Zellfläche folgen der höher sich erhebenden Wölbung der Kapselwand indem sie sich wiederholt durch Querwände theilen, einzelne aber indem sie einfach sich in die Länge dehnen, bis sie endlich eng-cylindrische, der Längsachse der Frucht parallele Schläuche darstellen, welche mit der Basis dem oberen Ende des Fruchtstiels aufsitzen, mit der Spitze die Innenwölbung der Kapselwand berühren (VII, 35). — Diese sind die Schleudern; die aus der Theilung jener hervorgegangenen tessellaren Zellen werden zu Mutterzellen der Sporen.

Gleichzeitig mit dem ersten Anfange der Entwickelung der Fruchtanlage der Lebermoose beginnt eine sehr lebhafte Vermehrung der peripherischen Zellen des Bauchtheiles des Archegonium, welcher dadurch zur Calyptra wird. Die in rascher Folge sich wiederholenden Theilungen der Zellen nach allen drei Richtungen erstreckt sich häufig weit in das Gewebe des Zweigs herab, welcher das befruchtete Archegonium trägt. Indem der untere Theil des Archegonium sich zur oberen Hälfte der Calyptra umwandelt, geht seine Form aus der bauchigen in die glockige über (Jungerm. divaricata VIII, 61; Jungerm. bicuspidata IX, 5, 6; Radula complanata VIII, 28). Der untere Theil der Calyptra wird von dem aufwärts wuchernden Gewebe der Spitze des Sprosses gebildet, auf dessen Scheitel die Archegonien standen. Die fehlgeschlagenen Archegonien erscheinen oft hoch an den Seitenwänden der aus dem befruchteten entstandenen Calyptra hinaufgerückt (VIII, 28 Radula complanata).

Eine Unterscheidung der, aus Vermehrung der Zellen der Stengelspitze hervorgegangenen, Basis der Calyptra vieler Lebermoose von der Vaginula der Laubmoose lässt sich nicht durchführen. Bei Radula complanata z. B. ist der Grund der Calyptra nicht minder auffallend kegelförmig und fleischig, als bei Phascum. Die Vermehrung der Zellen unterhalb des befruchteten Archegonium ist sehr lebhaft bei Alicularia scalaris (VIII, 54), bei Radula complanata; schwächer bei Lophocolea und den eigentlichen Jungermannieen; bei Frullania dilatata endlich ist sie völlig Null; hier beschränkt sich die Vermehrung der Zellen ausschliesslich auf den Bauchtheil des befruchteten Archegonium, gegen dessen Basis hin sie schon beträchtlich abnimmt. Die Form der Calyptra ist bei dieser Art auf allen Altersstufen eine bauchige; an der Basis ist sie eng eingeschnürt (VII, 26, 27, 33).

So weit hinab in das Stengelgewebe unterhalb des befruchteten Archegonium die Vermehrung der Zellen sich fortsetzt, so weit herab steigt auch das untere, verjüngte Ende der Fruchtanlage (IX, 5, 6). Die Wölbung der Basalzelle derselben zeigt oft eine starke Verdickung der Wand (VIII, 50; IX, 4); vielleicht ist dadurch hinreichende Festigkeit ihr gegeben, die Zellen des auf ihrem Wege liegenden, sich auflockernden Gewebes zu verdrängen. — Bei Frullania dilatata vergrössert sich bald nach der Befruchtung der Hohlraum der Calyptra, welcher die junge Fruchtlage umschliesst, durch Vermehrung der Zellen seiner Wandungen oft so rasch und beträchtlich, dass das Wachsthum der Fruchtanlage der Zunahme des Umfangs und der Höhe der schleimerfüllten Höhlung nicht zu folgen vermag; sie liegt zu dieser Zeit häufig völlig frei in den Innerem (VII, 26).*

---

* Eine ähnliche Erscheinung, noch schärfer ausgeprägt, findet sich bei Calypogeia Trichomanes, nach *Gottsche* (N. A. A. C. L. vol XX pars 2. T. XXX fig. 8 u. 11). (Ich konnte mir, trotz vieler Mühe, die in Sachsen

Wie bei den unbeblätterten Jungermannieen geht auch bei den beblätterten der Vereinzelung der Mutterzellen der Sporen eine beträchtliche Verdickung der primären Wandungen derselben durch deren Innenseite sich auflagernde Schichten gallertartiger Substanz voraus. Die Masse der verdickten Zellenwände schwillt häufig noch schneller und stärker in Wasser auf, als selbst bei Pellia; bei Jungermannia bicuspidata, bei Radula complanata, auch bei Frullania dilatata wird dadurch die Erkenntniss der Anordnung der Zellen des Inneren der jungen Kapsel aufs Aeusserste erschwert. Bei allen Arten, welche ich untersuchte, färbt sich die Substanz der Wandungen, mit Iodtinctur benetzt, durch und durch blau. — Die Mutterzellen der gross-sporigen Frullania dilatata lassen deutlich vier Ausbauchungen der Wand (ganz ähnlich denen S. 20 geschilderten von Pellia), und das allmälige Grösserwerden der Innenwand aufgesetzter Leisten erkennen (VII, 36), die, endlich zusammenstossend, zu den Scheidewänden der Specialmutterzellen werden. Diese, die Specialmutterzellen, zeigen bei Frullania zierliche Tüpfel, ähnlich denen von Anthoceros punctatus.

Die Wand der halbreifen Kapseln der meisten Jungermannieen besteht aus einer Doppellage von Zellen (J. bicuspidata, trichophylla, Frullania dilatata, Radula complanata). Gegen die Reife der Frucht hin wird die innere dieser Zellschichten gewöhnlich verflüssigt, und von den sich vergrössernden Sporen verdrängt. —

Die mehrfach angeführten, nicht genug zu rühmenden beiden Arbeiten *Gottsche's* enthalten neben dem reichen Schatze eigener Beobachtungen ihres Verfassers eine so vollständige Würdigung der früheren Arbeiten über die Lebermoose, die beblätterten wie die blattlosen, dass es Raumverschwendung sein würde, wollte ich eine nochmalige, wenn auch noch so kurze Besprechung jener Literatur beginnen. Von den Ansichten *Gottsche's* weichen die Meinigen in nur zwei wesentlichen Punkten ab: in Betreff der ersten Entstehung der Fruchtanlage, und des Baues der reifen Antheridie.

Die erste beider Meinungsverschiedenheiten erwähnte ich schon oben (Anmerkung zur vorigen Seite). — Den Antheridien der Lebermoose im Allgemeinen schreibt *Gottsche* eine Wand zu, welche bestehe aus einer Doppellage von Zellen, einer inneren Schicht, welche bei der Reife aus dem Zusammenhange treten und Farbstoff führen, und einer äusseren Schicht glasheller, tafelförmiger, niedriger Zellen mit wasserklarer Inhaltsflüssigkeit. *Gottsche's* Ansicht stützt sich vorzugsweise auf Untersuchungen an Haplomitrium Hookeri, welche seltene Pflanze mir nicht zu Gebote stand. Er schreibt aber ausdrücklich (a. a. O. vol XX. p. 1. S. 294) den Antheridien von Fossombronia den gleichen Bau zu. Dies beruht entschieden auf einem Irrthume; die Hüllschicht ist hier bestimmt eine einfache Lage von Zellen, welche bei voller Reife des Organs an dessen Scheitel auseinander weichen und sich vereinzeln. Dies muss jedem unzweifelhaft werden, welcher das freiwillige Oeffnen einer Antheridie unter dem Mikroskop sieht. Aber auch an noch geschlossenen Antheridien geben gute Mikroskope vollständigen Aufschluss über den Bau der Hüllschicht. Es mag der Umstand zu jener Aeusserung *Gottsche's* Anlass gegeben haben, dass bei Fossombronia, wie bei Anthoceros, die Farbekörper oft der nach innen gekehrten Wand der Zellen

---

in der Ebene wie im Gebirg gemeine Pflanze nicht fruchttragend verschaffen). Das Missverhältniss zwischen der zwei- bis eilfzelligen Fruchtanlage und dem Hohlraume in welchem sie liegt, ist hier so grell, dass *Gottsche*, seinen klaren Beobachtungen, und dem Umstande dass die Fruchtanlage bei leisester Berührung aus diesem Hohlraume sich unverletzt entfernen lässt zum Trotz, annehmen zu müssen glaubte, die Fruchtanlage sei das Produkt einer der Zellen der unteren Wölbung der Wand jener Höhlung.

der Hüllschicht dicht anliegen, so dass die etwas bauchige Auftreibung der freien Aussenwand lediglich von wasserheller Flüssigkeit gefüllt erscheint.

Was die von *Gottsche* frei präparirte und so abgebildete (a. a. O. T. XVI. fig. 8) äussere der beiden Zellschichten der Antheridienhülle von Haplomitrium betrifft, so glaube ich, dass die Antheridien dieser Pflanze sich denen von Sphagnum ähnlich verhalten mögen; dass eine dünne, glasartige Cuticula (auf welcher bei Haplomitrium die Grenzen der Zellen als vorspringende Leisten erscheinen, was bei Sphagnum [cymbifolium] nicht der Fall ist) die einfache Hüllschicht der Antheridie umschliesst. Die Zellen dieser Hüllschicht vereinzeln sich bei der Reife der Antheridie von Sphagnum ganz in der Weise derer von Haplomitrium; Erscheinungen — bis auf die unwesentliche Einzelnheit dass die Farbekörperchen jener Zellen bei Sphagnum gelbgrün anstatt rothgelb sind, und abgesehen von dem Mangel der Leisten der Cuticula — jener Abbildung *Gottsche's* völlig ähnlich, finden sich bei Sphagnum häufig genug.

RICCIA GLAUCA.

Taf. X.

Die Keimpflanze der Riccia glauca ist ein einfacher, kurz bandförmiger oder dreiseitiger Spross, bestehend aus gleichartigem Zellgewebe (X, 1—4).* Die Anordnung der Zellen der Keimpflanze in Richtung der Fläche entspricht vollkommen der von Pellia epiphylla. Einzelne Zellen der Seitenränder verwandeln sich in lange, nach vorn gekrümmte Papillen; wenige Zellen der unteren Fläche wachsen zu langen Wurzelhaaren aus. Schon früh bildet sich in der Mitte des Vorderrandes eine tiefe, enge Einbuchtung, entstanden dadurch, dass das Wachsthum der Seitentheile des Vorderrandes das der Mitte überholte (X, 1, 2). In dieser Einbuchtung entsteht ein neuer Trieb. Er wächst rasch in die Länge, wobei sich sein Vorderrand stetig verbreitert; die flügelförmigen Seitentheile des Vorderrandes des Keimpflänzchens werden dadurch weit aus einander gespreizt. Dabei verwachsen die Seitenränder des unteren Theils der Neubildung mit den nach innen gekehrten der beiden Flügel des Vorderrandes. Bald bilden sich in den Winkeln beider, da wo die Verwachsung aufhört, neue Sprossen. Es erhebt sich aus der tiefsten Stelle des schmalen Spalts eine fast halbkugelige Zellgewebsmasse. Die Anordnung ihrer wenigen Zellen wiederholt im Kleinen die des Keimpflänzchens (X, 5). Zu ihrer Rechten und Linken entstehen bald neue Triebe, deutlich aus der Vermehrung einer einzelnen Zelle hervorgehend (X, 5). Sie verwachsen mit dem mittleren Triebe sobald bei ihrer beginnenden Verbreiterung ihre Seitenränder diesen berühren. Bald überholt das Wachsthum in die Länge, kurz darauf auch das in die Breite und Dicke der seitlichen Triebe das des mittleren; dieser wird in Folge davon von den ihm vorauseilenden und über und unter ihm sich zusam-

* Die ersten Entwickelungsstufen der Keimung der Sporen von Riccia sind mir unzugänglich geblieben. Oft wiederholte Versuche künstlicher Aussaat misslangen regelmässig, trotz dem dass ich keine Vorsicht versäumte. Eben so erging es mir bei der Aussaat der Sporen von Anthoceros; ich war bei beiden Gattungen auf solche Keimpflänzchen beschränkt, welche ich im Freien auffand. Auffallend genug, dass zwei der verbreitetsten und gemeinsten Ackerpflanzen so schwer keimen.

menwölbenden seitlichen Trieben dicht umschlossen, an die tiefste Stelle einer von den stärker in die Länge wachsenden seitlichen Trieben gebildeten engen Spalte gerückt. Bei der Vermehrung seiner Zellen in Richtung der Länge verschmilzt der Mitteltrieb mit den ziemlich allseitig ihn umhüllenden und weit ihn überragenden beiden seitlichen. Der aus der Vereinigung dreier in lebhafter Längsentwickelung begriffenen Zellenmassen gebildete Spross verwächst mit seinen Seiten den ihn einschliessenden vorgestreckten Theilen des Vorderrands der Keimpflanze: zur einen Seite mit einem der flügelförmigen Seitentheile, zur andern mit der einen Hälfte des Mitteltriebs, der inzwischen, mehr und mehr in die Breite sich streckend, eine völlig ausgerandete Gestalt angenommen hat (X; 3). Bei weiterem Längenwachsthum treten die Sprossen zweiter Ordnung aus den beiden engen Spalten hervor, welche der Vorderrand des Keimpflänzchens zeigt, und welche den Grenzen des Mittellappens des Vorderrands und der Seitentheile desselben entsprechen. Die Spitze der jungen Riccia wird gabeltheilig. Der Scheitelpunkt der Gabelung ist die Mitte des Vorderrands des Mitteltriebes. Jede Zinke der Gabel zeigt in der Mitte ihres Vorderrands einen tiefen engen Einschnitt, gebildet durch die beiden einander fast berührenden Seitentriebe des Sprosses zweiter Ordnung. Auf dem Grunde dieses Einschnitts steht der nur an seinem Scheitel freie, nicht mit den seitlichen Trieben verwachsene Mitteltrieb, zu dessen beiden Seiten sich schon wieder neue Triebe, die ersten der Sprossen dritter Ordnung, zu bilden anheben. Jetzt beginnt eine lebhafte Vermehrung und Dehnung der Zellen des Mitteltriebs der Sprossen zweiter Ordnung; in die Länge wachsend und seinen Vorderrand dabei dauernd verbreitend, drängt er die bis auf einen engen Spalt ihn einschliessenden Seitentheile desselben Sprosses auseinander. Aus ihren Winkeln erheben sich die neuen Sprossen in gleicher Weise. Die fernere Verzweigung der Riccia folgt denselben Regeln: jeder Spross entsteht aus der Verschmelzung dreier Triebe, und hat nur begränztes Wachsthum. Neue Sprossen bilden sich nur in den beiden Einschnitten, welche der Vorderrand jedes vollständig entwickelten, keilförmigen Sprosses zeigt. Alle Sprossen, mit Ausnahme des ersten, unmittelbar aus der Spore hervorgegangenen, erleiden durch das eigenthümliche Wachsthum ihrer Mitteltriebe, und durch die Dehnung welche die in den Einschnitten des vorderen Randes eines jeden entstehenden, mit diesem Mitteltriebe verwachsenden nächstjungen Sprossen neuer Ordnung auf ihn üben, eine völlige Verzerrung: ihre Gestalt wird aus der zugespitzt halb-eyförmigen durch die keilförmige in die gabelige übergeführt (vergleiche X, 6—13 mit der Erklärung). Die wiederholte gabelige Verzweigung der jungen Pflanze macht in kurzer Zeit ihren Gesammtumriss kreisförmig (X, 13).

Die Vermehrung der Zellen jedes der drei einen Spross zusammensetzenden Triebe in Richtung der Längsachse erfolgt durch Theilung der Zellen des Vorderrands mittelst wechselnd gegen den Horizont geneigter Scheidewände (X, 14—16). Sie ist weit lebhafter in der Mittellinie des jungen Sprosses, als an seinen Seiten. Indem die Zellen zweiten Grades durch der Ober- und Unterfläche des Sprosses nahezu parallele Wände sich theilen und diese Theilung in den äusseren neu entstandenen Zellen sich wiederholt, wächst derselbe in die Dicke (X, 14, 16^b). Unmittelbar nach dem Auftreten der ersten derartigen Wand werden die zwei, aus Theilung jeder nach oben gekehrten Zelle zweiten Grades hervorgegangenen Zellen durch Entstehung einer zur Aussenfläche senkrechten (die Längsachse des Sprosses unter 90° schneidenden) Querwand jede in zwei Zellen getheilt (X, 14). Die Zellen der oberen Hälfte des flachen Stengels sind demgemäss schon in dessen frühester Jugend um die Hälfte kürzer, als die der unteren. Das Wachsthum in die Dicke, die Theilung durch den Flächen des Sprosses parallele Wände

ist um sehr Vieles lebhafter in den aus der Vermehrung von Zellen zweiten Grades der Oberseite hervorgegangenen Zellen, als in den nach unten gekehrten. Die Zunahme der Zahl von Zellen in Richtung der Dicke von der Spitze des jungen Sprosses rückwärts ist nicht selten so rasch, dass dessen Profil als nur sehr wenig spitzes Dreieck erscheint (X, 17). — Die stetige Zunahme der Breite des Sprosses während des Längenwachsthums erfolgt während der Jugend desselben dadurch, dass die Seitenzellen des Vorderrands ab und zu durch der Längslinie des Sprosses parallele Längswände sich theilen. Auf späteren Altersstufen theilen auch mehr gegen die Mitte des Vorderrands gelegene Zellen sich durch vom Medianus schwach seitlich divergirende Längswände. Von der mittleren Zellenreihe des Sprosses gehen dann die übrigen, Strahlen eines Fächers ähnlich, in verschiedener Höhe rechts und links ab (X, 8, 9, 18). — Die jüngste Anlage jedes Triebes ist eine einfache, im Grundrisse trapezoïdische Zelle in der Achsel zweier älterer Triebe (X, 5); bei wenig weiterer Ausbildung erscheinen mehrere solche Zellen neben einander, in Folge des Beginns des Längenwachsthums durch geneigte Wände schon mehrfach quer getheilt (X, 6). Bald springt der sich entfaltende Trieb als kurze Hervorragung, deren Zellen die schon beschriebene Anordnung zeigen, in die Achsel vor, welche seine beiden älteren Nachbartriebe bilden.

Die Unterseite jedes Stengelglieds der Riccia glauca zeigt, zu beiden Seiten der Mittellinie nach $^1/_2$ stehende, schmale, schief angeheftete, aus einer einfachen Lage zarten durchsichtigen Zellgewebes gebildete Blätter (X, 10). Sie ähneln in allen Stücken denen der Marchantieen, werden auch, gleich jenen, durch die hervorbrechenden Haarwurzeln grossentheils bald zerstört. Die älteren Wurzelröhren von Riccia sind, gleich denen der meisten Marchantieen, auf der Innenwand mit sehr zahlreichen einwärts vorspringenden Spitzchen besetzt (X, 19).

An Stengelgliedern, welche zur Fruchtbildung neigen, wölben schon sehr früh, noch während der Verwachsung dreier Triebe zum neuen Spross, einzelne Zellen der Oberseite in den Winkeln der seitlichen und des mittleren Triebes sich nach aussen. Aus ihnen entwickeln sich die Fructificationstheile, Antheridien oder Archegonien. Die Anordnung derselben entspricht den Commissuren der drei, zu einem Spross zusammentretenden Triebe, sie bilden also rechts und links vom Medianus des Stengelglieds zwei ziemlich parallele Längsreihen. Die halbkugelige, über die Oberfläche des jungen Stengelglieds sich erhebende blasige Hervorragung theilt sich durch eine gegen den Horizont geneigte Wand. In der oberen der dadurch neu gebildeten Zellen erfolgt sofort die Theilung durch eine entgegengesetzt geneigte Membran (X, 19, 20). — In diesen Erscheinungen der Entwickelung gleichen sich völlig die bunt durcheinander entstehenden Archegonien und Antheridien, deren jüngste Zustände sich denn auch gar nicht von einander unterscheiden lassen.

Die Zellen der Oberseite des jungen Stengels, welche die Basis der Anlage einer Antheridie umgeben, dehnen sich aufwärts, und bilden so einen häutigen Ring, welcher den unteren Theil der Antheridie umschliesst. Gewöhnlich besteht derselbe aus sechs Zellen (X, 16^b); selten ist er weiter (X, 21) durch wiederholte Quertheilung der Zellen seines oberen freien Randes wächst er in die Länge. Die so sich bildende Scheide überragt bald den Scheitel der jungen, noch sehr kleinen Antheridie; über ihm verengert sie sich beträchtlich (X, 16^b, 17^b). Der obere Theil ihres Innenraumes enthält eine wässerige Flüssigkeit; im unteren, dicht über der Antheridie, beginnt schon früh Luft sich auszuscheiden, welche durch vorsichtig angewendeten Druck zur engen Mündung der Antheridienhülle ausgetrieben werden kann (X, 22).

Das erste Auftreten der Fructificationsorgane erfolgt, wie eben erwähnt, noch sehr lange vor Beendigung des Wachsthums des Stengelglieds. Die Zunahme des umgebenden Gewebes der Stengeloberfläche in die Dicke hält so ziemlich Schritt mit dem Längenwachsthum der Archegonien wie der spitz kegelförmigen Hüllen der Antheridien, so dass die Fructificationsorgane während ihrer Längsentwickelung von dem aufwärts (in die Dicke) wachsenden Gewebe des Stengels fortwährend umschlossen werden. Die Aussenseite der Antheridienhüllen verwächst dabei mit den angrenzenden Zellen des Stengels. Der Inhalt dieser Zellen der Antheridienscheiden wird darauf dem der Zellen der oberen Hälfte des flachen Stengels völlig ähnlich; es bilden sich zahlreiche Chlorophyllkörperchen in ihnen; in den Intercellularräumen denen sie angrenzen tritt Luft auf. Die wenigzellige Anlage der Antheridie hat sich inzwischen durch wiederholte Längs- und Quertheilungen, unter beträchtlicher Zunahme ihrer Masse in einen eyförmigen Zellkörper verwandelt: eine Gruppe centraler Zellen mit trübem, schleimigem Inhalte, umschlossen von einer Schicht tafelförmiger Zellen mit wasserheller Inhaltsflüssigkeit (X, 23). Die wiederholte Zweitheilung der ersteren Zellen nach allen drei Richtungen führt endlich zur Bildung einer sphärischen Masse zahlreicher, sehr kleiner tessellarer Zellen, während deren Entstehung die peripherische Schicht tafelförmiger Zellen allmälig verdrängt wird (X, 22). Die häutige Membran der reifenden Antheridie schmiegt sich der Innenseite der Antheridienhülle dicht an, doch ohne mit ihr zu verwachsen. Die kleinen Zellen des Innern erzeugen bei vorschreitender Ausbildung des Organs jede im Innern ein kleines linsenförmiges Bläschen. Bei der Reife quellen die Wände jener Zellchen zu zäher Gallerte auf.

Die Verwachsung der Zellen des Stengelgewebes mit der Aussenseite der Antheridienscheide erstreckt sich nicht auf die verjüngte, stumpfe Spitze dieser letzteren. Dieses freie obere Ende bleibt, da die Längsdehnung seiner Zellen sehr spät, nach vollendeter Ausbildung des Stengelglieds erst eintritt geraume Zeit als zugerundetes, aus sehr kleinen gedrängten Zellen bestehendes Zäpfchen zwischen den Oberhautzellen verborgen (X, 22). Plötzlich verlängert diese Spitze sich sehr beträchtlich; durch Dehnung ihrer Zellen tritt sie oft mehr als eine Linie weit über die Oberfläche des Stengels hervor. Die allseitige Dehnung ihrer Zellen erweiterte die Mündung des auf die Antheridie zuführenden in der Achse der Scheide verlaufenden Canales (X, 24[a b]). Durch ihn tritt (nach *Bischoff's* Zeugniss) der Inhalt der Antheridie in Form von schleimigen Tropfen aus.

In der Scheitelzelle des Rudiments eines Archegonium kehrt die Theilung durch wechselnd geneigte Wände in oft wiederholter Folge wieder. Auch hier theilen sich die Zellen zweiten Grades sofort nach ihrer Bildung durch radiale Wände. In einer der vier Längsreihen von Zellen dritten Grades treten, stets unmittelbar nach Bildung der die Zelle zweiten Grades theilenden radialen Scheidewand, der Achse parallele Wände auf, welche die Mutterzellen in innere dreiseitige und äussere vierseitige Zellen zerfällen, so dass das Organ nun aus einem centralen Zellstrange besteht, welcher von einer einfachen Lage je vier in gleicher Höhe stehender Zellen umhüllt wird (X, 25). Die Spitze des jungen Archegonium schwillt keulig an; gleichzeitig beginnt die Basalzelle der centralen Zellreihe ihren Umfang zu vergrössern; der Grund des Archegonium wird dadurch bauchig aufgetrieben (X, 26). — Das die Archegonien umgebende Zellgewebe, weit entfernt mit deren äusserer Zellschicht zu verwachsen, wölbt sich im Gegentheile häufig zur weiten, die Basis des Archegonium umschliessenden Höhle (X, 28). Dem Halse desselben dagegen schmiegen die Zellen des Stengels in der Regel sich sehr eng an, doch ohne dass je eine Verwachsung eintritt. — Im Vergleich mit anderen Moosen vergrössert die Basalzelle des centralen

Stranges von Zellen sich sehr beträchtlich aber ziemlich spät, erst kurz vor dem Aufbrechen der Spitze des Archegonium. In ihrer Inhaltsflüssigkeit entsteht eine sphärische freischwimmende Zelle um den primären Kern der Mutterzelle; diese wächst nach und nach bis zu Ausfüllung der Mutterzelle heran (X, 27). Bei nur wenigen Moosen ist diese Zelle mit solcher Deutlichkeit zu beobachten wie bei Riccia. Die übrigen Zellen des centralen Stranges werden verflüssigt; die Spitze des Archegonium öffnet sich. Die Archegonien sterben darauf entweder ab — ein seltener Fall — oder es bildet sich in ihrem Bauchtheile eine Frucht. Die erste Andeutung der Fruchtbildung ist die Theilung der in der grossen Basalzelle des centralen Stranges frei entstandenen Zelle durch eine geneigte Wand. Die obere beider neu gebildeten Zellen wird darauf durch eine entgegengesetzt geneigte Wand getheilt (X, 29). In der Scheitelzelle der jetzt dreizelligen jungen Frucht wiederholt sich zu mehreren Malen die Theilung durch wechselnd geneigte Scheidewände. Die Zellen zweiten Grades theilen sich durch radiale Längswände; die so entstehenden, nach Art der einen Reihe von Zellen dritten Grades des Archegonium, in dreiseitige innere und vierseitige äussere Zellen. In den letzteren wiederholt sich die Theilung durch radiale, darauf die durch der der Achse der Frucht parallele Längswände (X, 30, 31). Hat die, von Anfang bis zu Ende vollkommen kugelige junge Frucht ihre volle Grösse erreicht (X, 32), so theilen sich die etwas tafelförmigen Zellen ihrer Oberfläche durch eine, auf der Aussenfläche senkrechte Längs- und Querwand, so dass die äusserste Zellschicht der Frucht aus im Grundriss viermal kleineren Zellen besteht, als die inneren (X, 32).

In jeder der letzteren erfolgt eine starke gallertartige Verdickung der Zellwand (X, 33). Bald darauf treten die Zellen aus dem Zusammenhange (durch Verflüssigung des ältesten, äussersten Theiles der Zellenwand). Die so frei gewordenen sphärischen Zellen sind die Mutterzellen der Sporen. In jeder entstehen vier Specialmutterzellen, deren jede eine Spore erzeugt. Nach der Individualisirung der Sporen wird die Wand der halbreifen Kapsel resorbirt, so dass die reifen Sporen frei im Hohlraume der kugeligen Calyptra liegen.

Diese letztere bildet sich aus der wiederholten Zweitheilung der Zellen des Bauchtheils des Archegonium durch auf der Aussenfläche senkrechte Wandungen, einmal wechselnd mit der durch ihr parallele Wände. Die Calyptra der halbreifen Frucht besteht aus zwei Zellenlagen (X, 32); gegen die Reife hin verschwindet die innere derselben. Der Halstheil des Archegonium erhält sich bis zur Fruchtreife. Oft nehmen seine Zellen eine schön weinrothe Farbe an. In seltenen Fällen vermehren sich die Zellen des befruchteten Archegonium unterhalb der Centralzelle des Bauchtheils, so dass die Form des Organs der eines Laubmoosarchegonium ähnlich wird (X, 31).

Riccia glauca bildet nicht selten Brutknospen inmitten des Gewebes älterer Sprossen: kleine fleischige Massen mit körnigem Schleime erfüllten Zellgewebes. Der Umriss derselben ähnelt dem der Keimpflanzen: darin aber besteht ein erheblicher Unterschied, dass die beiden Seitentheile des Vorderrands sich nicht früher bilden als der mittlere — richtiger gesagt dass der mittlere Trieb während der Bildung der seitlichen nicht auf der tiefsten Stufe der Entwickelung verharrt — sondern dass er eine weit vorspringende, abgeplattet kegelförmige Spitze darstellt, wenn die Seitentheile sich zu erheben beginnen. Die Anordnung der Zellen stimmt überein mit der der Triebe ausgebildeter Pflanzen. — Brutknospen welche lange vom Gewebe des Stengels umschlossen bleiben, zeigen die im Innern beginnende Auflösung des Gewebes, die ich bei Anthoceros und Blasia schilderte (X, 33 a—c).

Das gemeinste aller Lebermoose ist seltsamer Weise eines der am wenigsten gekannten. So

zahlreiche Untersuchungen und Abbildungen über Riccia auch veröffentlicht wurden (*Schmidel* Icones t. 44, 45; *Hedwig* theoria generationis ed. II 7. 31, *Bischoff* N. A. A. C. L. tom. XVII p. II pg. 911 ff., *Lindenbergs* grosse Monographie im XVIII. Bande derselben Denkschriften, endlich *Unger* Linnaea 1839), sie beschäftigen sich alle fast ausschliessend mit den Fructificationsorganen. Das Vorurtheil, einer sehr niederen Ausbildung der Frucht müsse eine ebenso niedrige Entwickelung der Vegetationsorgane entsprechen, scheint vielfach von der genaueren Erforschung der, im Vergleich mit Anthoceros und Pellia sehr zusammengesetzten Wachsthumserscheinungen der Riccia abgehalten zu haben. *Lindenberg* spricht der Gattung ausdrücklich und zu wiederholtenmalen jede höhere Organisation, so auch die Blätter ab, die er an sehr vielen Arten aufs deutlichste abbildet. Die so verbreitete Ansicht: das Wachsthum der Riccien sei ein strahliges, von einem gemeinsamen Mittelpunkte aus allseitig vorschreitendes, widerlegt jede im Frühherbste (wo Riccia glauca zu keimen beginnt) von einem Stoppelfelde aufgenommene Erdscholle.

MARCHANTIEEN UND TARGIONIEEN.

(Marchantia polymorpha, Fegatella conica, Rebouillia hemisphaerica, Lunularia vulgaris. — Targionia hypophylla).

Taf. XI, XII.

Das Wachsthum der Marchantieen und Targioneen gleicht in seinen Haupterscheinungen dem von Pellia, Riccia und Anthoceros. Die wesentlichsten Verhältnisse: das Entstehen jedes neuen Sprosses durch Verschmelzung dreier, in einer der beiden Einkerbungen des Vorderrands eines älteren Sprosses sich entwickelnder Triebe, sind bei ihnen, namentlich bei Lunularia und Fegatella, schärfer ausgeprägt, als irgendwo anders.*

Die Vegetationsorgane der in der Ueberschrift genannten Arten zeigen grosse Uebereinstimmung in Entwickelung und Bau. Das Längenwachsthum jedes Triebs erfolgt durch in dessen Scheitelzellen sich stetig wiederholende Theilung mittelst wechselnd geneigter Scheidewände (Lunularia XI, 37, Fegatella XI, 21, Rebouillia XII, 14, Targionia XII, 16). Unmittelbar nach der ersten derartigen Theilung der in der tiefsten Stelle der Achsel zweier älterer Triebe stehenden Mutterzelle eines neuen Triebes ver-

---

* Die Anlage derjenigen Sprossen der Fegatella conica, welche im ersten Frühjahr sich entfalten sollen, entsteht im vorhergehenden October: rechts und links einer fast halbkugeligen Zellgewebsmasse in der tiefsten Stelle einer der beiden Einkerbungen des Vorderrandes des völlig entwickelten Sprosses nächst älterer Ordnung bilden sich zwei schmälere, fast kegelförmige Triebe, welche mit dem zwischen ihnen verwachsend den Knospenzustand des neuen Sprosses darstellen. Bis zum Eintritt des Winters wächst der Spross langsam in die Länge; der Vorderrand des Mitteltriebs verbreitert sich dabei fortwährend (XI, 19, Mitte November). Nach Ablauf der kältesten Monate bildet sich zu jeder Seite des Mittellappens die Anlage eines neuen Sprosses, welche zu der Zeit, da die Längsdehnung der ältesten, hinteren Zellen des zu Wintersanfang gebildeten Sprosses diesen aus der Einbuchtung des Randes des vorjährigen Stengelglieds hervorzuheben beginnt (XI, 22, Anfang bis Mitte März), schon eine ziemliche Ausbildung erreicht haben. Der Spross dessen Längsdehnung beginnt, erscheint zu dieser Zeit als aufwärts gekrümmte, dickfleischige, schmale Zellgewebsmasse, am Vorderrand durch die beginnende Längsentwickelung der Sprossen neuer Ordnung bereits schwach gabelig. Die Seitenränder des Sprosses sind stark einwärts gekrümmt; er ist in seiner Mittellinie scharf zusammen gefaltet.

doppelt sich die Zahl der Scheitelzellen desselben durch das Auftreten einer Längswand (XI, 20). Bei weiterer Längsentwickelung verbreitert sich stetig der Vorderrand des Triebes mittelst wiederholter Theilung der Scheitelzellen durch Längswände, bis zum Aufhören des Längenwachsthums; — je nach den Verhältnissen unter denen die Pflanze vegetirt, und je nach den Verschiedenheiten der Arten bald schneller bald langsamer.

Die Abweichungen im Habitus der verschiedenen Arten wie unter ungleichen Verhältnissen vegetirender Individuen derselben Art beruhen in erster Reihe darauf, ob die Seitenränder der Neusprossen mit den ihnen angrenzenden Lappen des Vorderrands auf eine längere Strecke verwachsen, oder nicht. Die im Spätherbst sich bildenden, während der strengsten Kälte ruhenden im ersten Frühjahr sich entfaltenden Sprossen von Fegatella und von Rebouillia bleiben völlig gesondert von den vorragenden Theilen der vorjährigen Sprossen; dadurch wird der Grund gelegt zu dem gegliederten Aussehen der blattartigen Stengel dieser Arten. Bei Marchantia, bei Targionia unter allen Verhältnissen, bei Fegatella und Rebouillia an den Sommertrieben ist die Verschmelzung dagegen eine sehr innige. — Demnächst auf der Länge der Verwachsungsstrecke der drei zu einem Spross zusammentretenden Triebe. Sie ist bei Fegatella, ferner bei Exemplaren von Marchantia polymorpha und von Lunularia vulgaris, welche an sehr feuchten Orten wachsen, weit bedeutender als an Exemplaren der nämlichen Arten von trockenen Standorten,* als an Rebouillia und Targionia. Ferner auf der grösseren oder geringeren Schnelligkeit der Verbreitung des Vorderrandes der Triebe während des Längenwachsthums; endlich darauf, ob die älteren Sprossen schneller oder langsamer absterben und verwesen. Bei Rebouillia hemisphaerica, Fegatella conica dauern sie mehrere Jahre; bei Targionia und bei Marchantia pflegt die Zerstörung der älteren Sprossgeneration sehr bald nach vollendeter Ausbildung der nächstjüngeren zu beginnen. — Oft wird fast jede Spur der (unächt) gabeligen Verzweigung der Pflanze dadurch verwischt, dass nur aus einer Einkerbung des Vorderrands eines älteren Sprosses ein Neuspross sich entwickelt, der in der anderen angelegte aber fehlschlägt: ein bei Rebouillia und Targionia sehr häufiger Fall.

Ein besonders schlagendes Beispiel jener Verästelung gewähren die Brutknospen (Bulbilles *Mirbels*) von Lunularia und Marchantia, welche in eigenthümlichen, der Mittellinie der Sprossen aufsitzenden Behältern entstehen. Diese Behälter bilden sich dadurch, dass in der frühesten Jugend des Sprosses rings um die Stelle, auf welcher Brutknospen entstehen sollen (Marchantia), oder im nach vorn offenen Halbkreise in einer Kette von Zellen der Oberseite des Sprosses eine Zellenvermehrung beginnt, welche zur Entstehung eines bei Marchantia ringförmigen, bei Lunularia hufeisenförmigen Wulstes führt. Die Theilung der von ihm umschlossenen Zellen der Oberseite des Sprosses durch der Fläche parallele Wände hört zeitig auf, während sie in den ausserhalb gelegenen noch lange fortdauert. So wird die vom Zellwalle umschlossene, zur Bildung von Brutknospen bestimmte Stelle der Oberfläche zur Vertiefung. Der Rand des Walles derselben wächst bei Lunularia zu einer zarten, aus einfacher Zellschicht bestehenden Membran aus. Bei Marchantia entsprossen ihm sechszehn bis zwanzig Zähne (XI, 1), die in der Jugend zusammenneigend die Brutknospen bedecken, später sich aufrichten. Die Entwickelungsgeschichte

* Selbstverständlich ist die Länge der Verwachsungsstelle nach der Zahl der Zellen, nicht nach Linien und Zollen gemessen. Auf die absolute Länge der Sprossen hat die Dehnung der einzelnen Zellen den überwiegendsten Einfluss. Sie wird ganz enorm, wenn von älteren Theilen der Mutterpflanze bedeckte Neusprossen von M. polymorpha den Weg zum Lichte suchen.

dieser Zähne ist folgende. Je eine Zelle um die andere des Saumes des Ringwalles dehnt sich stark nach aussen. Die Ausbauchung wird durch eine Querwand vom übrigen Raume der Zelle abgeschieden, der sodann durch eine Längswand getheilt wird. Die über den Rand des Saumes hervorstehenden Zellen verwandeln sich in Folge der Theilung durch Querwände, welche je in der Scheitelzelle sich stetig wiederholt, in flache aus einfachen Zellreihen bestehende Zähne. Durch wiederholte Theilung der Gliederzellen mittelst senkrechter Scheidewände, welche an der Basis beginnt und nach der Spitze zu an Intensität abnehmend fortschreitet, wachsen späterhin die Zähne in die Breite. Gleichzeitig nimmt der Umfang des ringförmigen Walles des Knospenbehälters zu, indem seine Zellen durch Längswände sich theilen; an den Ursprungsstellen der Zähne deren Verbreiterung entsprechend, nach unten hin weit weniger. Die Form des Randes des Knospenbehälters wird dadurch zu der eines Bechers.

Geraume Zeit vor dem Hervorspriessen der Zähne des Randes beginnt die Bildung der ersten Brutknospen. Einzelne Zellen des Bodens des Behälters bilden auf dem Mittelpunkte ihrer freien, oberen Wand eine Papille (XI, 1^b) die bald durch eine Querwand vom übrigen Zellraume abgeschieden wird. Die neue, bei der Entstehung halb-eyförmige Zelle theilt sich, nach vorhergegangener Längsdehnung, aufs neue durch eine Querwand (XI, 1^b). Die untere der so entstandenen Zellen ist der Träger, die obere die Mutterzelle der Brutknospe. Sie verwandelt sich, unter erheblicher Zunahme ihres Breitendurchmessers, durch Quertheilung, die je in der Endzelle sich zweimal wiederholt, in eine Reihe von vier kurzen, breiten und niedrigen Zellen. Jede derselben theilt sich durch eine Längswand (XI, 2). Die drei unteren so gebildeten Zellenpaare werden durch dieser Wand parallele Wände getheilt; das untere ein-, die beiden höheren zweimal. Die Wiederholungen der Theilung erfolgen, wie in ähnlichen Fällen gewöhnlich, je in den äusseren Zellen. Die beiden Scheitelzellen der Brutknospe dagegen theilen sich durch stark seitlich geneigte Wände jede in eine innere, im Grundriss trapezoïdische und eine äussere, im Grundriss dreiseitige Zelle. Die erstere wird bald durch eine, zur Längslinie der Brutknospe rechtwinklige Wand getheilt. Die letztere Zelle theilt sich, nach vorgängiger Querdehnung, durch eine Wand, welche der Sehne des Bogens parallel ist, den das zur betreffenden Zelle gehörige Randstück der Brutknospe darstellt. Die äusseren der neu gebildeten Zellen werden darauf durch Wände getheilt, welche mit der letztentstandenen rechte Winkel bilden (XI, 3 — 5; vergleiche die erschöpfende Schilderung dieses Vorgangs bei *Nägeli*, Ztschr. f. Bot. Hft. 2 S. 150).

Die fernere Zunahme der Zahl der Zellen der Brutknospe erfolgt durch das Auftreten wechselnd zum Rande derselben rechtwinkliger oder ihm paralleler Scheidewände in den Zellen ihres Vorderrands, und durch die Bildung dem Rande paralleler Wände in den Randzellen ihres unteren Theiles. Schon früh überwiegt das Wachsthum in die Breite der Spitze das der Basis (XI, 3, 4, 6).

Das Längenwachsthum der Brutknospe ist begrenzt, wie das aller Sprossen der Marchantieen. Hat es sein Ende erreicht, so beginnt ein sehr beträchtliches Wachsthum in die Breite des unteren Theiles der Bulbille. Die Randzellen theilen sich hier noch oft wiederholt durch dem Rande parallele Wände, wechselnd mit radialen. Auch die Randzellen des oberen Theils, mit Ausnahme derer des Scheitels, vermehren sich in gleicher Weise, wiewohl minder lebhaft; sie werden von denen des unteren Theils bald eingeholt. Die Zellen aber der beiden Stellen der Seitenränder, an welchen früher die obere breitere Hälfte der Brutknospe von der unteren, schmäleren absetzte, nehmen an dieser Vermehrung durchaus keinen Theil, ebensowenig als an der bald eintretenden beträchtlichen Dehnung der übrigen Zellen der

Bulbille in die Länge und Breite. So entstehen in deren Mitte zwei sehr tiefe seitliche Einbuchtungen, deren innerste Stelle von einer Gruppe kleiner, im Grundriss länglich trapezoïdischer Zellen eingenommen wird (XI, 7, 8). — Noch wenn in der Längslinie der Brutknospe zehn Zellen zu zählen sind, erscheint diese als einfache Zellenlage. Erst von da ab beginnt sie in die Dicke zu wachsen: zunächst durch Theilung der Zellen der Mittelregion durch horizontale Wände. Das Längenwachsthum der Brutknospe erfolgt noch längere Zeit ausschliesslich durch Theilung der Scheitelzellen mittelst auf den Flächen der Brutknospe senkrechter Wände; — die in den Scheitelzellen auftretenden Querwände sind streng vertical; der Vorderrand der Brutknospe ist eine einfache Zellschicht. Später erst, wenn die Mittelregion derselben durch wiederholte Bildung der Fläche paralleler Wände mehr und mehr sich verdickt hat, wenn diese Verdickung bis dicht an den Vorderrand gerückt ist, erscheinen die dem Umfang der Brutknospe parallelen, in den Scheitelzellen auftretenden Querwände wechselnd nach unten und nach oben geneigt. So geht die Form des Längenwachsthums der Brutknospe in die über, welche den Sprossen älterer Pflanzen zukommt.

Die Stellung der Brutknospen von Lunularia wie von Marchantia zur Längslinie des Sprosses auf dem sie entstehen, ist eine fest bestimmte: ihre Flächen sind zu jener Längslinie stets rechtwinklig. Bis nahe zur Vollendung ihres Längenwachsthums sind die Brutknospen von durchsichtigem gallertartigem Schleime umhüllt. — Hat die Brutknospe ihr Wachsthum in die Länge und Breite beendet, so stirbt die sie tragende Zelle ab und wird zerstört; die Brutknospe wird frei. Zur ferneren Entwickelung gelangt sie nur ausserhalb des Knospenbehälters auf feuchter Unterlage.

Unter solchen Verhältnissen wachsen zunächst einige der Zellen ihrer Unterseite zu Wurzelhaaren aus. Dann beginnt die Entwickelung neuer Sprossen, die von der tiefsten Stelle der seitlichen Einbuchtungen der Bulbille aus erfolgt. Die mittelste Zelle der so lange im Wachsthum zurückgebliebenen Zellengruppe, etwas grösser als die angrenzenden, wird zur Mutterzelle des ersten Triebs (XI, 8). Sie theilt sich durch eine Quer-, die vordere der neuen Zellen durch eine Längswand. Die Theilung der letzteren durch seitlich geneigte Wände leitet das fernere Wachsthum des Triebs ein, welches ganz in gleicher Weise mit der Entwickelung neuer Triebe der Pellia epiphylla (S. 13) vor sich geht, nur mit dem Unterschiede, dass die Quertheilungen der Scheitelzellen durchweg mittelst wechselnd gegen den Horizont geneigter Wände erfolgen. Die Seitenränder des so gebildeten jungen Triebes verwachsen mit denen der Einbuchtung der Brutknospe weit hinaus. Die Zellen der verwachsenen Stellen dehnen sich beträchtlich in die Länge, auch etwas in die Breite. Die sich entwickelnde Brutknospe wird, dafern in jeder der beiden seitlichen Einbuchtungen ein Trieb sich entfaltet, zu einem breiten Bande, an dessen einer Längsseite noch die Stelle, an welcher die Brutknospe der sie tragenden Zelle aufsass, durch ihre braune Färbung wie durch die Anordnung der umgebenden Zellen deutlich zu erkennen ist. So bei Marchantia polymorpha (XI, 9, 10). Bei Lunularia vulgaris dagegen ist es beinahe ausnahmslose Regel, dass an nur einer Seite der Brutknospe ein Trieb zur Entwickelung gelangt; der in der Einbuchtung der anderen Seite verkümmert. Hier erscheint die weiter wachsende Brutknospe als in die Breite gezogene Scheibe, die, an der einen Seite eingebuchtet, an der anderen ein langes, am Vorderrande eingekerbtes Band entsendet, und an einer dritten ihrer Seiten die ursprüngliche Ansatzstelle noch erkennen lässet (XI, 39). —

Zu beiden Seiten des neuen Triebes, in den Winkeln welche er mit den vorspringenden Theilen

des Seitenrandes der Brutknospe bildet, entstehen bald neue entwickelungsfähige Zellenmassen: zuerst ein mittlerer, darauf zwei seitliche Triebe. Der aus den drei unter sich verschmelzenden zusammen gesetzte Spross verwächst durch seine Seitenränder auch mit den rechts und links ihm angrenzenden Theilen des Sprosses nächst älterer Ordnung, und tritt bald aus der Einbuchtung als am Vorderrande zweikerbige, nach vorn zu sich verbreiternde, flache Masse von Zellgewebe hervor.

Eine zweite Form der Vermehrung durch Sprossen, welche an anderen als den Stellen der regelmässigen Verzweigung auftreten, kommt vereinzelt vor bei Lunularia und Marchantia, häufiger bei Targionia, Rebouillia und Fegatella. In einzelnen, meist der Mittellinie nahen, Zellen der Unterseite ausgebildeter Sprossen beginnt eine Zellenvermehrung, welche zur Entstehung schmächtiger zarter Sprossen führt, die bald Wurzelhaare schlagen, und neue Individuen darstellen, indem sie durch Absterben und Verwesen ihres hinteren Theiles von der Mutterpflanze sich trennen (XI, 40). Sie zeigen, wie am deutlichsten an Fegatella conica sich beobachten lässet, genau die gleiche Anordnung der Zellen, wie die kräftigen, normalen Sprossen der Mutterpflanzen. Die Art der Verästelung dieser zweiten Form der Brutknospen stimmt mit der der Keimpflanzen überein: der Vorderrand verbreitert sich stark, die Seitentheile desselben wachsen stärker als der Mittelpunkt, und aus diesem erhebt sich der neue Trieb, zu dessen Seiten die Sprossen neuer Ordnung entstehen. Von der Entwickelung der Bulbillen ist dieser Vorgang nicht unwesentlich verschieden. Es zeigt sich hier derselbe Gegensatz, wie zwischen der Entwickelung der Keimpflanzen und der Brutknospen von Riccia.

Die Blätter der Marchantieen — wie bekannt, zarte, der Unterseite der flachen Stengel dicht angeschmiegte Lamellen von Zellgewebe, bei vollendeter Ausbildung bisweilen an der Basis aus einer Doppellage wenig Chlorophyll führender Zellen, im Uebrigen aus einer einfachen Schicht wasserheller Zellen bestehend, entwickeln sich, etwas rückwärts der Verwachsungsstelle der drei einen Spross zusammensetzenden Triebe, auf der unteren Fläche des Sprosses in zwei der Längslinie desselben parallelen Reihen nach ½ geordnet. Die erste Anlage des Blattes wird gebildet, indem eine der Zellen der Unterseite des, zu dieser Zeit noch wenig in die Breite entwickelten, im Querschnitt fast runden, Stengels sich nach aussen wölbt, und die Ausbauchung durch eine Querwand vom ursprünglichen Zellraume sich abscheidet (XII, 14ᵇ bei a). Durch Quertheilungen, welche in der Scheitelzelle sich wiederholen, wächst das Rudiment des Blattes in die Länge. Die Zellen zweiten Grades werden durch Längswände getheilt (XII, 14ᵇ bei b, 15). Bei Fegatella conica setzt diese Theilung schon in der ersten Jugend des Blattes bis in die Scheitelzelle sich fort. Hier erscheint das nur vier Zellen hohe Blatt als kurze Doppelreihe flacher Zellen (XI, 23). Die drei Paare von Gliederzellen theilen sich durch dem Rande parallele, die beiden Scheitelzellen durch etwas seitlich geneigte Wände. Die inneren zwei Zellen des jetzt vierzelligen Vorderrandes des jungen Blatts werden nun durch Querwände, die so gebildeten vier Zellen durch Längswände getheilt. Durch einen Zellbildungsprocess, der sehr dem zu gleichen scheint, welcher die Zellen der sehr jungen Brutknospe von Marchantia in Richtung der Breite vermehrt, wird der Umriss des Blatts demnächst rundlich (XI, 24—26). Bald überwiegt die Zellenvermehrung an der, der Mittellinie des Sprosses abgewandten Seite des Blatts. Dasselbe erhält die einseitige Ausbildung, welche den Blättern der Marchantieen überhaupt zukömmt. Die Zellenvermehrung erlischt an der Spitze, während sie an der Basis noch fortdauert. Viele Zellen des Randes wachsen zu gekrümmten, kurzen zweizelligen keuligen Haaren aus, denen ähnlich welche dicht unter den Vorderrändern in der Entwickelung begriffener Triebe von

Pellia, wie an den jungen Theilen vieler anderer Jungermannieen auftreten. Einzelne in bestimmte Abstände geordnete Zellen des Rands vermehren sich länger als ihre Nachbarinnen; das Blatt wird dadurch schon früh eckig.

Die Entwickelung der Blätter von Targionia, Rebouillia, Lunularia und Marchantia scheint hiervon in nichts Wesentlichem abzuweichen. Bei Marchantia polymorpha äussert sich auch an den Blättern die Neigung dieser Pflanze, welche an deren Randschüppchen, am Rande ihrer Knospenbehälter, an ihren Perichätien und Perigonien so auffällig hervortritt: aus den Rändern ihrer Vegetationsorgane ähnlich (zahnähnliche) spreuartige Fortsätze zutreiben. Die Blätter sind durch solche Spitzchen zierlich gefranzt.

Der erste Grund zu dem bekannten characteristischen Bau des flachen Stengels der Marchantieen — die Trennung des Gewebes desselben in eine untere Schicht grösserer, sehr langgestreckter Zellen ohne Intercellularräume, eine dieser aufgesetzte Schicht perlschnurförmiger Zellenreihen, die durch weite Luftlücken getrennt sind, reichlich Chlorophyll enthalten (welche Schicht durch rautenförmig verschränkte Zellenmauern, je aus einer einfachen Lage von Zellen bestehend, in Fächer getheilt ist); und endlich einer die letztere Schicht deckende Oberhaut mit wasserklarem Zelleninhalte, die nur mit jenen Zellenmauern in inniger Verbindung steht, im Mittelpunkt jeden Faches der unter ihr liegenden Schicht von einer eigenthümlich gebauten »Spaltöffnung« durchbrochen; — der Grund zu diesem Baue wird schon sehr früh gelegt. Wenig rückwärts vom Vegetationspunkte des noch ganz jungen Triebes, noch lange vor der Vollendung seines Wachsthums in die Dicke bilden sich Luftlücken nahe unter seiner Oberfläche, nur durch eine einfache Zellschicht von ihr getrennt (XI, 21 bei a; XII, 14, 17, 18). Die Gewebtheile zwischen den Luftlücken stellen ein Netzwerk einfacher Zellenreihen dar. Da diese Zellen fortfahren, durch der Stengelfläche parallele Wände sich zu theilen, wird die Decke der Luftlücken in die Höhe getragen. Der Boden der Lücken ist völlig platt. Endlich, nach vorhergegangener mehrmaliger Zweitheilung der Zellen desselben durch kreuzweis gestellte senkrechte Wände, wölben diese Zellen sich nach oben, und verändern sich durch wiederholte Quertheilung rasch in die rosenkranzförmigen Zellenketten, welche bei völliger Ausbildung des Sprosses dicht an einander gedrängt die Luftlücke ausfüllen.

Die über deren Mitte stehende Zelle der Oberhaut zerfällt durch mehrmalige Zweitheilung in vier (Marchantia) sechs (Fegatella XI, 35) oder mehr (Rebouillia) im Kreise stehende dreiseitige Zellen. Im Mittelpunkte des Kreises treten die Zellen auseinander; es bildet sich eine polyedrische Oeffnung (oft von sehr beträchtlichem Umfange, indem die sie umschliessenden Zellen in Richtung der Tangente sich dehnen) durch welche die Luftlücke, in welcher schon früher Luft sich ausschied, mit der Atmosphäre in Verbindung tritt. Die erste Entwickelung der Stomata der Marchantieen unterscheidet sich nur dadurch von der höherer Pflanzen, dass mehr als eine Zweitheilung der Mutterzelle dem Auseinanderweichen der Commissur der Zellen vorhergeht, welche der Oeffnung angrenzen.

Die vier bis acht Zellen, welche die Athemöffnung der Marchantiee umgeben, theilen sich bei der weiteren Dehnung des Stengelglieds, welchem sie angehören, durch den schmalen Seitenwandungen parallele Wände; meist oft wiederholt, so dass über dem Mittelpunkt der Luftlücke eine hohe Wölbung mit durchbohrtem Scheitel sich bildet. Die äusseren Zellen der kreisrunden warzigen Erhebung der Oberhaut theilen sich dabei auch durch radiale Wände.

Der Blüthenstand einer Marchantiee, verdankt seine Entstehung der Entwickelung des Mitteltriebes des letzten vegetativen Sprosses, vorwiegend in die Dicke und Länge, verhältnissmässig

wenig in die Breite. In seiner frühesten Jugend stellt er eine cylindrische Masse fleischigen Zellgewebes mit stumpf zugerundeter Spitze dar (XI, 11). Sein Längenwachsthum erfolgt, gleich dem vegetativer Sprossen, durch wiederholte Theilung der Scheitelzelle mittelst wechselnd geneigter Wände; nur dass bei der ersten Anlage des Blüthenstandes nicht mehr als eine Scheitelzelle vorhanden ist (XI, 34, Fegatella conica). Bei weiterer Ausbildung bildet sich eine tiefe Rinne auf seiner Unterseite (XII, 3), bestimmt die Haarwurzeln aufzunehmen, die später der obere hutförmige Theil entwickeln wird, zu welchem der Scheitel der jungen Anlage des Fruchtkopfes durch lebhaftes Wachsthum in die Breite sich umbildet. Die Unterseite des Stieles einiger Arten zeigt zwei solche Rinnen (Marchantia polymorpha XI, 13, 18). In beiden Fällen scheint die Entstehung der Rinnen die Folge einer lebhaften Vermehrung der Zellen der nach unten sich einschlagenden Seiten des Stieles des Fruchtkopfes. Erst aus dem unteren Ende der Rinne treten die Haarwurzeln hervor und dringen in den Boden ein.

Der zum Blüthenstand sich umwandelnde Spross trägt mit Ausnahme seines zum Fruchtkopf werdenden Scheitels, zahlreiche, schmale, zerstreut stehende Blätter, deren Spitze stets aus nur einer, deren Basis meist aus nur wenigen Längsreihen von Zellen besteht. Oft tritt an diesen Blättern mit grosser Schärfe die Erscheinung hervor, dass die Zellen der Basis weit länger sich vermehren, als die der Spitze.

Am untersten, ältesten Theile des gemeinsamen Fruchtstiels von Rebouillia hemisphaerica greifen dessen Seitentheile sehr weit nach vorn; sie schliessen sich vor der im Querschnitt eyförmigen Rinne zum ganz engen linearen Spalt zusammen und verwachsen mit den vorspringenden Seitentheilen des Vorderrandes des Sprosses, welchem der Stiel des Fruchtstandes ansitzt. Die Aussenfläche trägt über dem Scheitel des Rudiments des Fruchtstands zusammen neigende Blätter (XII, 2, 4). Die Längsrinne der Unterseite des Fruchtstiels reicht nicht ganz bis zu dessen Basis herab; diese springt als stumpfer Höcker in die Einbuchtung des Vorderrandes des letzten vegetativen Sprosses vor (XII, 1, 4).*

Die Differenzirung des Gewebes der blattartig verbreiterten vegetativen Sprossen setzt sich nicht in den fruchtbringenden fort. Da, wo er dem nächst älteren Sprosse ansitzt, fällt die Oberseite des Stengels mit steiler, oft vorn übergeneigter Böschung um die ganze Höhe der Luftlückenschicht ab (XI, 13; XII, 1).

Den Seitenrändern des auf seinen ersten Entwickelungsstufen brodförmigen Fruchtkopfes entspriessen die Archegonien, als schief abwärts gerichtete Cylinder von Zellgewebe (XII, 1). Die wesentlichen Züge ihrer Entwickelung und ihres Baues entsprechen denen der Jungermannieen und Laubmoose. Sehr bald nach dem Hervorsprossen der Archegonien beginnt der Theil des Fruchtkopfes über ihnen beträchtlich in die Breite und nach unten zu wachsen. Die Archegonien erscheinen in Folge davon binnen Kurzem der Unterseite des verbreiterten Fruchtkopfes aufgesetzt (XI, 13; XII, 3).

Der Fruchtkopf von Rebouillia hemisphaerica pflegt nur vier Archegonien zu entwickeln; bisweilen eines mehr, oft auch weniger. Die Zellen der Oberfläche des Bauchtheils des Archegonium theilen sich schon früh durch der Achse parallele Wände; noch vor dem Aufbrechen des Scheitels ist die Cen-

* Möge die Dürftigkeit des mir zu Gebote stehenden Materials die Mängel der vorstehenden Darstellung entschuldigen. Die Umgegend Leipzigs ist an Marchantieen völlig arm, besitzt nur M. polymorpha. Mehrere Arten, in reichlich fruchttragenden Exemplaren fernen Standorten entnommen, entwickelten bei der Cultur nur sterile Sprossen. Die im Freien aufgenommenen Exemplare liessen die jüngsten Entwickelungsstufen der Fruchtstände (welche dem blossen Auge völlig unsichtbar sind) stets vermissen. Ich hoffe, die Lücken später ausfüllen zu können.

tralzelle von einer Doppelschicht von Zellen umhüllt (XII, 3[b]). Der Halstheil ist stark aufwärts gekrümmt. Die Verbreiterung des Fruchtkopfs über den Ansatzstellen der Archegonien geschieht ziemlich spät im Vergleich zu anderen Marchantieen; erst nach dem Oeffnen der Archegonienspitzen. Das Wachsthum des Fruchtkopfrandes nach unten ist zu Anfang stärker zwischen den Archegonien als über (vor) denselben (XII, 3).

In der Umgebung befruchteter Archegonien ändert sich dieses Verhältniss. Das Gewebe des Fruchtkopfs nimmt über solchen nicht minder lebhaft an Masse zu, als neben ihnen. Es bildet sich eine, den anschwellenden Bauchtheil des Archegonium von vorn und den Seiten umfassende fleischige Scheide (XII, 8—12). Auch hinter der jungen Calyptra schliessen die Ränder der Scheide bis auf einen engen Spalt zusammen (XII, 10, 11), nur der aufwärts gekrümmte Halstheil des Archegonium ragt aus der eng der Calyptra anliegenden Hülle hervor (XII, 12). Von aussen gesehen, erscheinen diese Wucherungen des Fruchtkopfs als fleischige Anhängsel des Randes desselben. Es sind ihrer so viele vorhanden, als befruchtete Archegonien, eines bis fünf (vergleiche *Bischoff's* Abbildungen N. A. A. C. L. tom. XVII. pars 2 tb. 49 fig. 1—4).

Die Neigung des Bauchtheils des Archegonium von Rebouillia zu massiger Entwickelung zeigt sich besonders auffällig an eben befruchteten Archegonien. Hier ist die Vermehrung der Nachbarinnen der Centralzelle so rasch, dass diese letztere zum weiten, bauchig-spindelförmigen Hohlraume wird, noch bevor die erste Theilung der in ihrem Inneren entstandenen sphärischen Zelle, der Mutterzelle der Fruchtanlage, erfolgte. Diese länglich ellipsoïdische Zelle liegt durchsichtigem Schleime eingebettet völlig frei in der Höhlung (XII, 5).

Die Frucht von Rebouillia theilt mit der der Riccia, der Targionia, Marchantia und Fegatella, die an Pflanzen, welche im Uebrigen den Jungermannieen näher stehen als den Laubmoosen, auffällige Art des Wachsthums der Laubmoosfrucht: Theilung der Mutterzelle durch eine stark geneigte Scheidewand und je in der Scheitelzelle der Fruchtanlage andauernd sich wiederholende Theilung mittelst wechselnd nach zwei Richtungen geneigter Scheidewände (XII, 6, 7). Die Gestalt des jungen Rudiments der Frucht ist sehr schlank (XII, 6); sie ist nur eine Doppelreihe gestreckter Zellen. Bald aber endet das Längenwachsthum; es beginnt eine beträchtliche Vermehrung der Zellen in die Dicke, stärker an der Spitze (der künftigen Kapsel) und der Basis (der werdenden knolligen Anschwellung) als in der Mitte (dem zukünftigen Fruchtstiele) (XII, 7). Die Zunahme der Masse der Frucht wird beim Herannahen der Reife so beträchtlich, dass sie den oberen Theil der Calyptra völlig zu zerstören pflegt; sie liegt dann nackt in der fleischigen, durch Wucherung des Fruchtkopfrandes gebildeten Scheide.

Fegatella conica entwickelt auf den Seitenrändern ihres Fruchtkopfes sechs bis acht Archegonien (XI, 27), die frühe schon von dem stark in die Breite wachsenden Hute des Fruchtstandes umhüllt werden. Das Gewebe des Fruchtkopfes nimmt rings um die Basis jedes Archegonium sehr beträchtlich an Masse zu, so dass diese bald tiefen, fast cylindrischen Gruben der Unterseite des Fruchtkopfes eingesenkt erscheinen (XI, 28). Es besteht der Fruchtstand gleichsam aus so vielen mit einander verschmolzenen Düten von Zellgewebe, als Archegonien vorhanden sind. Die sehr beträchtliche Dehnung der Zellen dieser Hüllen macht ihre Ränder an halbentwickelten Fruchtköpfen bis dicht an die Ursprungsstelle des gemeinschaftlichen Fruchtstiels herabreichen.

Die Archegonien der Fegatella gleichen durch die frühe beträchtliche Entwickelung ihres Bauch-

theils denen der Rebouillia. Sie theilen die frühe Verdopplung der die Centralzelle des Bauchtheils umhüllenden Zellschicht und das beträchtliche Wachsthum in die Dicke der Wandung der jungen Calyptra nach erfolgter Befruchtung (XI, 31) mit der Mehrzahl der Lebermoose, deren Archegonien oder junge Früchte zu überwintern haben. Der Halstheil ist verhältnissmässig lang.

Die noch wenigzellige Fruchtanlage lässt sich sehr leicht frei präpariren (XI, 30). Die leiterartige Anordnung ihrer Zellen, beruhend auf der wiederholten Theilung der einen Scheitelzelle durch wechselnd geneigte Wände, ist ungemein scharf ausgeprägt. Das Wachsthum des obersten Theils der jungen Frucht in die Dicke, die Anlegung der Kapsel, beginnt schon sehr früh (XI, 31). Der untere Theil, der Fruchtstiel, entwickelt sich nur sehr unbedeutend (XI, 32); die Bildung einer knolligen Anschwellung seiner Basis unterbleibt völlig. Wie durch *Bischoff* bekannt, löst er sich bei der Fruchtreife freiwillig aus dem Gewebe, welchem er eingefügt ist.

Die ersten Archegonien der Marchantia polymorpha erscheinen gleichfalls auf dem Rande des jungen Fruchtkopfs, gewöhnlich zu acht in regelmässige Entfernungen gestellt. Wie auch bei Rebouillia und Fegatella entwickeln sich die des hinteren (dem Vorderrande der Pflanze abgewendeten) Theiles des Fruchtkopfes erheblich früher, als die des entgegen gesetzten (XI, 12, 13). Sehr bald nach dem Hervorspriessen der ersten Archegonien bilden sich von ihnen nach innen zu auf der Unterfläche des pilzförmigen Fruchtkopfes neue Archegonien, in radiale Doppelreihen geordnet (XI, 12). Eine Erscheinung, deren Andeutung auch bei Rebouillia sich fand, tritt bei Marchantia in sehr verstärktem Maasse auf: die Unterseite des Randes des Fruchtkopfes entwickelt sich schon sehr früh zwischen je zwei Archegonien zu einem nach unten weit herabreichenden Vorsprunge, dessen Form aus der einer halbkugeligen Warze (XI, 12) allmälig in die eines langen, sanft einwärts gekrümmten cylindrischen Fortsatzes übergeht.

Zu jeder Seite der acht bis zehn strahligen Längsreihen von Archegonien entwickelt sich ein zierlich gezähntes Hüllblatt, aus einer einfachen Zellschicht bestehend.

Die Archegonien der Marchantia polymorpha sind grosszellig, der Bauchtheil schon früh auffallend geschwollen. Eine einfache Schicht flacher tafelförmiger Zellen umhüllt die verhältnissmässig grosse centrale Zelle des Bauchtheils, die fast unmittelbar der Unterseite des Fruchtkopfs aufsitzt. Der Halstheil des Archegonium, in dessen frühester Jugend stark aufwärts gekrümmt (XI, 13), richtet sich zur Zeit, da der Scheitel sich öffnet, gerade nach unten (XI, 14).

Nach dem Auseinandertreten der Zellen des Scheitels des Archegonium vergrössert sich die Centralzelle des Bauchtheils befruchteter Archegonien noch sehr bedeutend. Bei keinem anderen Moose findet sich eine so beträchtliche Zunahme ihres Umfangs. Eine freie, eyförmige Zelle füllt ihren Innenraum völlig aus. Der grosse centrale Kern derselben ist als lichtes Bläschen im dicken körnigen Schleime sehr deutlich zu erkennen (XI, 14, 15). — Die Umwandlung dieser Zelle zur Fruchtanlage wird durch das Auftreten einer sehr steilen Längswand eingeleitet (XI, 16). Auch die später in der Scheitelzelle sich bildenden Wände divergiren nur sehr wenig von der Längsachse der Frucht. Es gelang mir nur selten und unvollkommen, die junge Fruchtanlage frei zu legen. Sie bleibt geraume Zeit kugelig; ihre Zellen werden bald durch wiederholte Zweitheilungen sehr klein.

Nach den ersten Theilungen der Anfangszelle der Fruchtanlage verdoppeln sich die Zellen der jungen Calyptra durch Bildung der Aussenfläche paralleler Wände. Noch früher bildete sich dicht um jedes befruchtete Archegonium eine besondere Hülle. Der Ring von Zellen der Unterseite des Frucht-

kopfes, welcher die Basis des Archegonium umschliesst, wölbt sich nach aussen; die Ausbuchtungen werden durch Querwände vom ursprünglichen Zellraume getrennt (XI, 14). Durch wiederholte Quertheilungen der Scheitelzellen der häutigen Scheide mittelst dem freien Rande paralleler Wände wächst die junge Hülle in die Länge (XI, 15). Ihre fernere Entwickelung, die Umbildung der cylindrischen Form in die eines bauchigen Kruges (XI, 16) entspricht derjenigen der Hülle von Frullania dilatata (S. 36).

Dicht unter der gewölbten Oberseite des Fruchtkopfes der Marchantieen, mit Einschluss der Aussenflächen der abwärts reichenden Sprossungen des Seitenrandes bilden sich noch vor dem ersten Erscheinen der Archegonien zahlreiche Luftlücken, in ähnlicher Weise, wie die Luftlücken des Stengels. Beim ersten Auftreten der Luftlücke löset sich nur eine Zelle der Oberhaut vom Gewebe des Fruchtkopfes unter ihr (XI, 17; XII, I,). Durch wiederholte Quertheilung der zwischen den Luftlücken stehen bleibenden mauerartigen Zellreihen wird die Decke der Lücke rasch empor gehoben. Diese Oberhautzelle, welche die Luftlücke verschliesst, bildet sich zur Athemöffnung um. Wie bei Entstehung der Stomata der Oberseite vegetativer Sprossen theilt sie sich durch eine auf der Aussenfläche senkrechte Wand; beide Tochterzellen darauf durch eine zur letzt entstandenen rechtwinklige (XII, 1). Die vier Zellen weichen an ihren Berührungskanten auseinander; die Luftlücke tritt in Verbindung mit der äusseren Luft (XII, 3 bei a). Die vier Zellen, aus welchen die junge Athemöffnung jetzt besteht, theilen sich wiederholt durch Querwände (XI, 17; XII, 3 bei b, c). Die zuerst entstehenden solchen Wandungen sind parallel der Oberseite des Fruchtkopfs; die späteren, in den oberen und unteren der neu gebildeten Zellen auftretenden, sind dem in der Achse der Athemöffnung verlaufenden Gange stark zu- oder abgeneigt (XII, 4). Der Scheitel des Organs erhebt sich als kegelförmige, an der Spitze offene Warze über die Oberseite des Fruchtkopfes; die Basis steigt tief in die Luftlücke hinab (XI, 17; XII, 4). Der mittlere Theil des Canales welcher die Athemöffnung durchzieht, wird stark bauchig. — Inzwischen haben auch die Scheitelzellen der Zellenmauern sich beträchtlich vermehrt, welche die einzelnen Luftlücken von einander trennten. Den wiederholten Zweitheilungen ging eine bedeutende Querdehnung vorher (XII, 3); die Seiten der Zellen werden frühe schon über die Luftlücke gerückt, der sie angrenzen. Die Progenitur derjenigen Zellen der Oberhaut des Fruchtkopfs, welche in Verbindung stehen mit den die Luftlücken trennenden Zellschichten, nimmt somit bald Antheil an der Bildung der Decke der Luftlücke (XI, 17 bei b) die früher von der jungen Athemöffnung (oder deren Mutterzelle) allein dargestellt wurde.

Der Boden und die Seitenwände der Luftlücken entwickeln bei Marchantia schon früh rosenkranzförmige Ketten chlorophyllgefüllter Zellen. Bei Rebouillia pflegen die meisten der Zellen jener Wände sich nur stark zu wölben; einzelne derselben wachsen zu kurzen Zellenreihen aus (XII, 4). Die Wandungen der Luftlücken des Fruchtkopfs von Fegatella bleiben sehr lange glatt und eben.

Der Mitteltrieb des zur Fruchtbildung neigenden Sprosses von Targionia hypophylla wandelt sich nicht in einen eigenthümlich gebauten Träger um, sondern entwickelt ohne Weiteres die Archegonien, eines (XII, 17) oder mehrere (XII, 18), bis fünf an der Zahl. Die untere Hälfte der Archegonien ist eingepresst in den überaus engen Spalt, in welchen die Seitenflügel des Vorderrands des fruchttragenden Sprosses den rudimentären Mitteltrieb einschliessen. Der aufwärts gekrümmte Halstheil der Archegonien ragt aus der Spalte hervor ins Freie (XII, 17, 18).

Schon während des Längenwachsthums der Archegonien beginnt eine beträchtliche Zunahme der ihrer Ansatzstelle angrenzenden Gewebtheile nach vorn zu. Die Zellschichten der Verschmelzungs-

stelle des Mitteltriebs und der seitlichen Flügel des Vorderrands oberhalb des Ansatzpunktes der Archegonien, an Dicke entsprechend der Mächtigkeit der Luftlückenschicht, dehnen und vermehren sich stark in Richtung der Länge; es bildet sich, noch ehe der Scheitel der Archegonien sich öffnet, eine sie überragende, die genäherten Seitentheile des Vorderrandes auf eine Strecke verbindende flache Decke. In sie hinein setzt sich die Sonderung der Oberseite des Stengels in Luftlückenschicht und Epidermis fort (XII, 18). Aus den Achseln des Archegonien tragenden Mitteltriebs und der Seitenflügel erheben sich gleichzeitig breite, nach oben und innen concave, fleischige Zellenmassen (XII, 19 a, b). Sie verwachsen unter sich, und durch ihre oberen Ränder mit der die Archegonien überragenden Decke. So bildet sich eine den unteren Theil der Archegonien umschliessende, stumpf dreikantige Hülle, aus deren enger dreiseitiger Oeffnung die Spitzen der unbefruchteten Archegonien hervorragen. Die nach unten gekehrten ziemlich dünnen Wände der Hülle bestehen aus gleichartigem Zellgewebe.

Hat in einem Archegonium eine Fruchtanlage sich gebildet, so vergrössert die Hülle sich reissend schnell, vorzugsweise durch Dehnung ihrer Zellen. Sie umschliesst sehr bald völlig das befruchtete Archegonium. Die der sehr eng bleibenden Mündung angrenzenden Zellen wachsen zu kurzen Papillen aus (XII, 24, 25).

Die Archegonien sind schlank, fast cylindrisch. Das auch denen der Marchantieen zukommende abgestutzte Aussehen des Scheitels tritt bei ihnen mit besonderer Schärfe hervor (XII, 23—25). Die Zellen des Bauchtheils verdoppeln sich früh durch dem Umfang parallele Wände. Die inneren, der Centralzelle angrenzenden, füllen sich mit körnigen Stoffen, wie bei Pellia (XII, 19c). Unmittelbar nach der Befruchtung vermehren sich die Zellen der werdenden Calyptra sehr schnell, so dass, wie bei Rebouillia, die Centralzelle zum spindelförmigen Hohlraume wird, in welchem die Mutterzelle der Fruchtanlage frei liegt (XII, 19c). Die Fruchtanlage ist in ihrer frühesten Jugend schlank-spindelförmig, aus zwei Doppelreihen von Zellen zusammen gesetzt (XII, 20 a, b, frei präparirt, c von der Calyptra umschlossen). Das Wachsthum in die Dicke beginnt am oberen Ende um Vieles früher, als am unteren (XII, 21.) Dieses letztere dringt tief in das Gewebe des Theiles des Stengels, welcher das befruchtete Archegonium trägt, und welcher sich durch lebhaft wiederholte Theilung seiner Zellen in eine konische Zellenmasse umwandelte (XII, 22—24). Das ursprünglich spitz-kegelförmige untere Ende der Fruchtanlage ändert durch wiederholte Zweitheilung der Zellen seines Umfangs mittelst der Achse paralleler Wände (XII, 21) sich allmälig in eine kugelige Anschwellung um (XII, 23—25).

Anordnung der Sporenmutterzellen und der Schleudern ähneln bei Targionia, wie es scheint auch bei den Marchantieen, sehr denen der Fossombronia pusilla. Bei der Differenzirung der zweierlei Inhaltszellen der Kapsel sind die zu Elateren werdenden kaum merklich länger und dünner, als die künftigen Mutterzellen der Sporen (XII, 26). Schleudern und Sporenmutterzellen sind durcheinander geschränkt, etwa wie die Chlorophyll- und die luftführenden Zellen des Blatts von Sphagnum. Eine bedeutende Längsdehnung der Elateren erfolgt erst dann, wenn die Vorsprünge der Innenwand der Sporenmutterzelle sich zu zeigen beginnen (XII, 27).

Die Antheridien der Marchantieen sind bekanntlich auf der Oberseite eigenthümlich gestalteter Sprossen in grosser Anzahl vereinigt, eingeschlossen in flaschenförmige Höhlungen des Gewebes.

Die erste Entwickelungsstufe dieser Sprossen gleicht bei Marchantia polymorpha vollkommen den ersten Rudimenten der Blüthenköpfe. Wie dort entwickelt sich auch hier der vordere, obere Theil

des schmalen fast cylindrischen Sprosses beträchtlich in die Breite, den unteren stielähnlichen Theil dem Hute eines Pilzes ähnlich überragend. Eine Anzahl der Zellen der Oberseite dieser nach oben schwach, nach unten stärker convexen Scheibe wölbt sich papillös nach aussen; zwischen ihnen löst sich die Oberhaut von dem Gewebe unter ihr; durch rasche Vermehrung der Zellen des die abgetrennten Oberhautstücke (meist eine einzige Zelle) tragenden Kranzes (durch schnell mehrmals sich wiederholende Theilung dieser Zellen mittelst der Fläche der Antheridienscheibe paralleler Wände) werden die kurz cylindrischen Zellenauswüchse, die ersten Anlagen der Antheridien, sofort von den sie umgebenden Zellen überwuchert und in kreisrunde Gruben der Oberfläche versenkt (XI, 17 bei a). Dieser Vorgang beginnt im Mittelpunkte der jungen Antheridienscheibe, und schreitet von da deren Rande zu.

Durch je in der Scheitelzelle mehrmals sich wiederholende Theilung mittelst wechselnd geneigter Scheidewände, und Auftreten radialer Längswände in den Zellen zweiten Grades, bildet sich die Mutterzelle der Antheridie zu einer langgezogen eyförmigen Zellenmasse um, bestehend aus vier parallelen Längsreihen von Zellen (XI, 17). Die Zellen einer dieser Reihen, mit Ausnahme der zwei der Basis und der einen dem Scheitel nächsten, theilen sich durch der Längsachse der Antheridie parallele, die Seitenwände der Mutterzellen unter 45° schneidende Wandungen. Die Antheridie besteht jetzt aus einem kurzen centralen Zellstrange, umhüllt von einer einfachen Schicht je vier in gleicher Höhe stehender Zellen. Wie die bisherige Entwickelung entspricht auch die fernere im Wesentlichen der der Antheridie von Anthoceros und von Pellia, (S. 4, 15), nur mit dem Unterschiede, dass die Vermehrung der Zellen in Richtung der Längsachse die in die Dicke überwiegt: die reife Antheridie ist eyförmig.

Die Scheitel der zwischen den Antheridien sich erhebenden Zellenmassen dehnen sich beträchtlich in die Breite, sobald sie die Antheridien überwachsen haben. Sie schliessen sich dadurch bald über den Antheridien zu engen, von aussen kaum wahrnehmbaren Gängen zusammen. Die Zelle, welche die Luftlücke deckt, bildet sich zur Athemöffnung um, genau in der Weise, wie die mittelste Zelle der Decke der Luftlücken auf der Oberseite des Fruchtkopfs (XI, 17). Die dieser Zelle angrenzenden theilen sich durch etwas geneigte der Achse der Athemöffnung parallele Längswände. Die inneren so gebildeten Zellen, welche die Athemöffnung ringförmig umschliessen, nehmen an der Zusammensetzung der Decke der Lufthöhle Antheil, indem sie sich in die Breite dehnen. Bei den Luftlücken in der Mitte der Antheridienscheibe theilen diese Zellen sich noch mehrfach durch (auf der Aussenfläche senkrechte) Längs- und Querwände. — In die sich vergrössernden Lufthöhlen hinein wachsen die Zellen des Grundes derselben zu Schnüren dicht von Chlorophyll erfüllter Zellen aus.

Bei der Reife der Antheridien weichen die Zellen der Hüllschicht am Scheitel auseinander; der von Tausenden sehr munter sich bewegender Samenfäden wimmelnde Schleim des Inneren wird durch den engen, über dem Scheitel der Antheridien nach aussen geöffneten Canal hervorgetrieben und erscheint in ansehnlichen Tropfen auf der Oberfläche der Antheridienscheibe. Die Spermatozoïden, kaum halb so gross als die von Pellia, bestehen aus einem zarten, am einen Ende wenig verdickten, am anderen in ein dünnes langes Ende auslaufenden Faden. Von seitlichen Wimpern konnte ich keine Spuren wahrnehmen.*

Die Antheridien der Rebouillia hemisphaerica konnte ich nicht anders untersuchen, als voll-

* Vergleiche übrigens *Thuret*, ann. des sc. nat. III[e] série, tome 3[me] p. 13, 14.

ständig entwickelt. Sie sind, wie aus *Bischoffs* trefflichen Untersuchungen* bekannt, halbmondförmigen, gedunsenen Polstern eingesenkt, welche der Mittellinie vegetativer Sprossen, am häufigsten solcher die einen Fruchtkopf tragen, aufgesetzt erscheinen. Dass diese Polster als schwach entwickelte Sprossen zu betrachten seien, in ihrer Entwickelung etwa den Theilen des Stengels der Pellia gleichend welche Archegonien tragen, wird mir dadurch wahrscheinlich, dass ihre Aussenseite häufig rudimentäre Blätter trägt (XII, 1). Die Antheridien sind verhältnissmässig gross, von flaschenförmigen Höhlungen umschlossen. Die jüngsten der von mir untersuchten zeigten noch die Hüllschicht aus tafelförmigen Zellen (XII, 1) welche später völlig verdrängt wird, so dass nur ein häutiger Sack die Samenfäden erzeugendnn Zellen umschliesst. Die Mündung der Antheridienhöhlen ist nicht häufig eben, gleich der von Marchantia polymorpha (XI, 1). Oefter ragt sie als dicke, kegelförmige Spitze hoch empor, gleich den Antheridienhüllen von Riccia (XI, 13). Das Gewebe der Antheridienpolster besteht aus sehr grossen Zellen mit durchsichtiger Inhaltsflüssigkeit.

Das Geschichtliche der Kenntniss von den Marchantieen ist aufs Erschöpfendste behandelt in *Bischoffs* oft citirter Schrift, und im vierten Theile der Naturgeschichte europäischer Lebermoose von *Nees von Esenbeck*. Ausser diesem Bande ist seit dem ziemlich gleichzeitigen Erscheinen der beiden grossen Arbeiten *Bischoff's* und *Mirbels*** meines Wissens nichts Zusammenhängendes über die Entwickelung der Marchantieen veröffentlicht worden (viele der interessantesten Einzelnheiten finden sich in *Gottsche's* oft angezogenen beiden Schriften). Jene Untersuchungen *Mirbels* und *Bischoffs* sind so allgemein studirt und gekannt, dass es von Ueberfluss sein würde, eine wenn auch noch so kurze Uebersicht des reichen Inhalts derselben zu geben.

LAUBMOOSE.

Taf. XIII, XIV, XV.

Der Stengel der Laubmoose wächst*** durch stetig sich wiederholende Theilung der stumpf kegelförmigen, nach unten keilartig zweiflächig zugespitzten Scheitelzelle mittelst wechselnd geneigter Scheidewände. Hierin stimmen alle Laubmoose überein. Sehr verschiedenartig ist die Form der Endknospe: schlank zugespitzt bei Sphagnum, Racomitrium ericoïdes (XIII, 29); stumpf bei Phascum u. v. A.; halbkugelig bei Hypnum, sehr schwach gewölbt bei Polytrichum und Dicranum (scoparium), nahezu eine Ebene darstellend auf welcher die jüngsten Blätter concentrisch stehen (XIII, 37, 38).

Die jüngste Zelle zweiten Grades des terminalen Haupttriebes von Sphagnum theilt sich zunächst

---

* N. A. A. C. L. tom. XVII pars 2 tab. 69 f. 4, 6, 7.

** Recherches sur la Marchantia polymorpha, mém. de l'acad. des sciences de l'institut de France. Tome XIII.

*** Wie aus *Nägeli's* Untersuchungen bekannt, Ztschr. f. Bot. H. 2 S. 172.

durch eine radiale Wand. Die so gebildeten Zellen dritten Grades werden durch eine der freien Aussenfläche parallele Wand in eine dreiseitige innere und vierseitige äussere Zelle getheilt (XIII, 1). In jeder der beiden äusseren Zellen entsteht sofort eine die Zelle in eine obere und untere theilende, auf der Achse des Stengels nahezu senkrechte Wand (XIII, 1); nach ihr eine radiale Längswand, so dass, nahe unter dem Scheitel der Endknospe (drei Zellen von demselben entfernt), acht Zellen den Umfang des Stengels bilden.

Unmittelbar darauf zeigt sich an denjenigen der äusseren Zellen, welche bestimmt sind, Blätter hervorzubringen, die erste Anlage derselben: eine papillöse in die Breite gezogene Ausbauchung der freien Aussenwand der Zelle, dicht unter der Kante der oberen und der Aussenwand sich erhebend (XIII, 3). Bald tritt eine stark geneigte Wand auf, welche, die obere und die freie Aussenwand der Zelle unter 45° schneidend, jene Ausstülpung vom Hauptraume der Zelle abtrennt (XIII, 1).

Die Blätter von Sphagnum stehen in links gewundener Spirale nach $^3/_8$. Jede der acht Längsreihen von Zellen der Oberfläche des jungen Stengels entspricht einer Längsreihe von Blättern. Die Anordnung der Blätter der jungen Knospe stimmt damit völlig überein (XIII, 2).

Die ein Achtel des Stengelumfanges einnehmende Anfangszelle des Blattes wölbt sofort nach ihrer Bildung sich stärker nach aussen, so dass sie als schmaler Saum nahe unter der Spitze des Stengelendes erscheint. Das Auftreten einer vom Radius des Stengels (und der mit ihm zusammenfallenden künftigen Längslinie des Blattes) stark divergirenden, auf den schmalen Flächen jenes Saumes senkrechten Wand leitet die fernere Zellenvermehrung ein, durch welche die sanfte Auftreibung einer Zelle der Aussenfläche des Stengels in eine flächenförmige Ausbreitung von Zellgewebe, das Blatt, sich umwandelt. Bald nach Entstehung der zur Achse des Stengels rechtwinkligen Querwände, welche sämmtliche aus Vermehrung derselben Zelle dritten Grades hervorgegangene Zellen in obere und untere zerlegen, theilen sich die äusseren, die Peripherie des Stengels bildenden Zellen noch mehr oder weniger oft, je nach der Kräftigkeit des Sprosses, durch der Achse parallele Längswände; bei besonders dürftigen Sprossen nur einmal, so dass die Zahl der Zellen des Stengelumfangs ausgebildeter solcher Sprossen nicht über acht steigt (XIII, 6). Die Zellen des Knospenumfangs kräftiger Endsprossen dagegen theilen sich noch vier bis achtmal durch der Achse parallele Längswände, ab und zu wechselnd mit radial gestellten; die Zahl der Rindenzellen eines Querdurchschnitts des Stengels steigt bei ihnen auf 64, ja auf 128. Mit den seltensten Ausnahmen, die als zufällige betrachtet werden mögen, ist ihre Zahl ein Product von acht.

Gegen das Ende des Wachsthums des jungen Stengels in die Dicke (bei Endknospen nahe über dem Beginn des jüngsten Umlaufs von Blättern, bei seitlichen Sprossen näher der Spitze) theilen sich sämmtliche Zellen des Centrum des Stengels mindestens einmal durch der Achse desselben parallele, und einmal durch radiale Längswände. Diese Theilung beginnt in dem Mittelpunkte des Stengels, und schreitet gegen den Umfang hin vor; nur die äusserste Zellschicht der Seitenzweige, nur die beiden äussersten von Endknospen bleiben von ihr verschont. Dafür theilen diese Zellen sich durch horizontale Querwände (XIII, 8). Bald treten in diesen Rindenzellen, die jetzt um die Hälfte kürzer aber beträchtlich weiter sind als die des Innern des Stengels, zarte spiralige Verdickungsschichten auf; häufig entstehen auch grosse flache Tüpfel auf ihren Seiten- und Aussenwänden (XIII, 8), die endlich durch Verschwinden der sie schliessenden Membran zu wirklichen Löchern werden. — Die Wände der engen, nahezu prosenchymatischen Zellen des Inneren des Stengels werden ebenfalls nicht unbeträchtlich ver-

dickt, soweit sie in die Region nahe unter der Endknospe fallen, in welcher dicht gedrängte Seitenzweige und Blätter diese völlig umschliessen. Sie zeigen zierliche Tüpfel (XIII, 8, 8^b), welche dadurch, dass sie meist (nicht immer) in Längsreihen geordnet sind, an die der Holzzellen der Coniferen erinnern. Es findet sich keine Luftlücke zwischen den, zwei aufeinander treffende Tüpfel verschliessenden Membranen. Der Grund der Erscheinung dass die Tüpfel, von der Fläche gesehen, innerhalb ihres Umfanges ein engeres Oval zeigen (XIII, 8^b), dürfte in einer Interferenz der von unten durchfallenden Lichtstrahlen zu suchen sein. — Bei dem letzten Längenwachsthum des Stengels, der ausschliesslich auf Zellendehnung beruhenden bedeutenden Streckung der Internodien, verschwinden diese Verdickungsschichten; in alten Stengeln sind die Membranen der Zellen der Stengelmitte wiederum ziemlich dünn, und minder brüchig als die jüngerer Theile.

Die Seitenäste entstehen dadurch, dass in einer, genau über dem Medianus eines der Blätter gelegenen Zelle des Umfanges des Hauptsprosses, noch vor Vollendung der Vermehrung der Zellen in die Dicke, somit auch noch vor der Theilung der Zellen der Peripherie durch horizontale Wände, die je in der Scheitelzelle sich wiederholende Bildung nach oben und unten geneigter Scheidewände erfolgt. Dadurch tritt sofort eine stumpfe, wenigzellige Knospe über die Oberfläche des Stammes hervor, die ihre ersten Blätter bildet, schon wenn sie nur eine Höhe von 3 Zellen erreicht hat (XIII, 5).

Der ersten Theilung der kaum über den Umfang der Endknospe hervorragenden Anfangszelle des Blattes durch eine von dessen Längsachse seitlich spreizende, auf den Blattflächen senkrechte Wand folgt die der Scheitelzelle durch eine entgegen gesetzt geneigte, der vorher entstandenen unter einem Winkel von 90° aufgesetzte Wandung (XIII, 7). Durch die dauernde Wiederholung der Theilung der Scheitelzelle mittelst wechselnd geneigter Wände wächst das Blatt in die Länge. Die Form der Scheitelzelle ist während dieser Zeit die eines niedrigen dreiseitigen Prisma, die der Zellen zweiten Grades die eines liegenden Parallelopipedum.

Gleichzeitig mit der Entstehung einer neuen Zelle zweiten Grades, oder sehr wenig später, theilt sich die nächst-ältere durch eine, gleich allen an der Bildung des Blattes von Sphagnum Antheil nehmenden auf der Blattfläche senkrechte, Querwand, deren Berührungskante mit der oberen Seitenwand der Mutterzelle genau auf die Linie trifft, in welcher die eben in der Scheitelzelle entstandene Membran die Grenzwand der Zellen ersten und zweiten Grades schneidet. Mit den Seitenwänden der Zelle zweiten Grades bildet diese Wand rechte Winkel. Ihre Richtung ist somit ganz die gleiche der Scheidewand, welche die Scheitelzelle gleichzeitig theilte. Die innere der Zellen, in welche die zweitjüngste Zelle zweiten Grades zerfällt, hat eine oblonge Grundfläche. Zur nämlichen Zeit theilen sich alle die Zellen des Blattrandes, welche von der Verlängerung der Richtungslinie beider Scheidewände getroffen werden, durch mit dieser Linie zusammen fallende Wandungen (XIII, 4, 7). Die beiden, aus Theilung der Zellen zweiten Grades entstandenen Zellen dritten Grades werden jetzt durch den Seitenwänden parallele Längswandungen in Theilhälften mit ziemlich genau quadratischer Grundfläche zerlegt. Die Folge dieser Vorgänge ist, dass das junge Blatt aller Arten von Sphagnum mit Ausnahme seiner Ränder aufs regelmässigste geschacht erscheint. Mit Ausschluss des Saumes, welcher aus etwas in die Länge gezogenen Zellen zusammen gesetzt erscheint, besteht die ganze Blattfläche aus im Grundriss quadratischen Zellen, deren je vier mit ihren Kanten sich berühren.

Durch die wiederholte Theilung der Zellen des Blattrandes mittelst zu ihren Seitenwänden

rechtwinkliger Wandungen wächst selbstverständlich der untere, ältere Theil des Blattes beträchtlich in die Breite. Schon das (vom jüngsten Blatte rückwärts gezählt) vierte Blatt eines Sprosses umfasst den Stengel zu zwei Fünfteln; das sechste zur Hälfte, das achte zu $^3/_4$ bis $^5/_6$. Soweit die Zellen des in die Breite wachsenden Blattes die gleichzeitig noch in Theilung begriffenen der Stengeloberfläche berühren, verwachsen sie mit diesen. Jeder Schnitt durch den nahe unter der Spitze gelegenen Theil eines Hauptsprosses geführt, trifft nicht allein die Längslinie je des achten Blattes, sondern auch Seitentheile fünf dazwischen stehender Blätter, so dass in den meisten Fällen nur eine Zelle der Rindenschicht die Insertionspunkte zweier Blätter trennt (XIII, 8).

Mit dem Aufhören der Theilung der Scheitelzelle des Blatts durch wechselnd von der Mittellinie divergirende Wände tritt eine Vermehrung sämmtlicher Zellen desselben, mit Ausnahme derer des Randes ein, welche an der Spitze beginnend von da rasch zur Basis fortschreitet. Jede der quadratischen Zellen theilt sich durch eine, einer der Seiten parallele, aber nicht genau den Mittelpunkt der Zelle treffende Wand in zwei etwas ungleiche Hälften (XIII, 9). Die grössere beider theilt sich darauf durch eine den schmalen Seiten parallele Wand in eine grössere, quadratische und eine kleinere, oblonge Zelle. Die Blattfläche besteht nach Beendigung dieser Theilungen ihrer Zellen aus einem System quadratischer Zellen, deren jede von vier oblongen Zellen umschlossen ist.

In den oblongen Zellen vermehrt sich Zahl und Grösse der (beim Eintritt der Theilung sparsam vorhandenen und sehr kleinen) Chlorophyllkörperchen rasch und beträchtlich (XIII, 10, 11). Die wenigen, in den grösseren quadratischen Zellen enthaltenen verschwinden dagegen; der Inhalt dieser Zellen wird wasserhell. Jetzt erfolgt eine beträchtliche Dehnung der Zellen des Blatts, vorwiegend in der Längsrichtung. Sie beginnt an der Blattspitze, und rückt von da rasch nach unten vor. Die Zellen des Randes theilen sich nur einmal, und nur zum Theil, durch auf den Blattsaume rechtwinklige Wände. Sie vermögen der Grössenzunahme der zahlreicheren Zellen der Mitte nicht zu folgen; das Blatt nimmt mehr und mehr Kappenform an. Gleichzeitig beginnen auf den Innenwänden der grösseren quadratischen Zellen die ersten Spuren der bekannten Ring- und Spiralfasern sich zu zeigen. Häufig geht, namentlich bei Sph. squarrosum, ihrem Auftreten eine Längstheilung vieler der Zellen mit wasserhellem Inhalt vorher (oft die aller eines Blattes), so dass je zwei Faserzellen neben einander liegen (XIII, 10). Nicht selten theilen sich auch viele der schmalen, chlorophyllführenden Zellen durch Querwände (XIII, 11). — Die Grösse der Chlorophyllkörper in den schmalen, ein zusammenhängendes Netz zwischen den Faserzellen bildenden Zellen nimmt während dem beträchtlich zu, ihre Zahl ab. Sie erscheinen jetzt häufig deutlich als Bläschen (XIII, 10, 11).

Die Bildung der Blätter der grossen Mehrzahl der Laubmoose, z. B. Phascum, Bryum, Hypnum, Polytrichum, deren erste Entwickelung *Nägeli* (am oben angegebenen Orte) meisterhaft schilderte, stimmt in der Hauptsache, der Art der dauernd wiederholten Theilung der einen Scheitelzelle, zwar mit der von Sphagnum überein. Darin aber waltet ein wesentlicher Unterschied ob, dass die Blätter dieser Moose die Zahl ihrer Zellen durch die dauernde Zweitheilung der Zellen des unteren Theiles des Blattes noch beträchtlich vermehren, nachdem die Theilung der Scheitelzelle aufhörte; nachdem sie und ihre Nachbarzellen sich beträchtlich dehnten, der Inhalt durchsichtig wurde, die Wände der Zellen der Blattspitze sich stark verdickten. An Sphagnum lässt diese nachträgliche Vermehrung der Zellen der Blattbasis sich durchaus nicht nachweisen. Durch die letzte Theilung der Scheitelzelle erhält der Seitenrand des Blatts

eine Zellenzahl (sehr regelmässig 18—20 bei Sph. acutifolium) welche späterhin durch Quertheilung der Randzellen lediglich verdoppelt wird. Jene Erscheinung zeigt sich dagegen besonders scharf ausgeprägt bei Polytrichum und bei Fissidens. Wie bekannt, stehen die Blätter dieser letzteren Gattung zweizeilig. Die Endknospe wird von der eigenthümlichen taschenförmigen Verdopplung der Basis des letztausgebildeten Blattes umschlossen; auch das älteste Blatt der Knospe umhüllt mit der bereits ausgebildeten Duplicatur seiner Basis die jüngeren Blätter und den Gipfeltrieb. Die ganz jungen Blätter gleichen den ersten Blattanlagen von Sphagnum. Aber schon wenn das Blatt fünf Zellen hoch ist, ändert sich die Regel der Zellenvermehrung. Wie bei Sphagnum, theilt sich die Zelle zweiten Grades durch eine auf den Seitenwänden rechtwinklige Wand. Die Scheidewand, welche darauf die äussere der neugebildeten Zellen in zwei zerlegt, steht gleich der nämlichen Wand von Sphagnum auf jener Wandung senkrecht; die in der inneren Zelle entstehende Membran dagegen ist rechtwinklig zum Medianus des jungen Blatts (XIII, 17 bei a). Die zu den Randzellen des Blattes zählenden beiden Zellen vierten Grades theilen sich zunächst durch eine dem Blattrande parallele Wand. Die nächstentstehende Theilwand aber ist in beiden Zellen zum Blattrande rechtwinklig (XIII, 17 bei b; die äussere Zelle theilt sich stets früher als die innere). In Folge davon sind die Zellen der beiden, der Längslinie des Blattes angrenzenden Reihen ums Doppelte länger als ihre Nachbarinnen (XIII, 17). Das Blatt fährt fort durch die fernere Theilung der Zellen seines Randes mittelst dem Saume paralleler Wände sich zu verbreitern. Bisweilen werden dabei einzelne Randzellen durch Längswände getheilt (XIII, 17 bei c).

Die Bildung der Tasche am Grunde des Blattes beginnt, wenn die Blattbasis eine Breite von 8 Zellen erreicht hat. Dann wölben die untersten fünf bis acht Zellen des der Endknospe zugewandten Blattrandes sich stark nach oben (XIII, 17 bei d); die Ausbauchungen werden darauf durch der Blattfläche parallele Wände von den ursprünglichen Zellräumen getrennt. So entsteht eine dem Blattrande seitlich angesetzte Leiste, bestehend aus einer Längsreihe von Zellen. Diese dehnen sich abwärts von der Längslinie des Blattes, und halten genau Schritt mit der ferneren Vemehrung der Zellen, welchen sie entsprangen. Da die Verbreiterung des Blatts an der Basis weit geringer ist, als nahe über ihr, so erscheint am ausgebildeten Blatte die Commissur der beiden parallelen Zellenflächen stark seitlich geneigt, schief verlaufend vom Blattrande bis zur Basis des Mittelnerven. Durch die eigenthümliche Entwickelung der Blattbasen entschädigte die Natur mehr als ausreichend die jüngsten Theile von Fissidens für den nur mangelhaften Schutz, welchen vermöge ihrer Stellungsverhältnisse die Blätter zu bieten vermochten.

Hat das junge Blatt von Fissidens eine Länge von $\frac{1}{8}'''$ erreicht, so erlischt die Vermehrung der Scheitelzelle. Das Blatt hat zu dieser Zeit noch die Form des (XIII, 17) abgebildeten jüngeren Zustandes; es ist minder schlank, als bei völliger Ausbildung. Die fernere Vermehrung seiner Zellen erfolgt ausschliesslich durch die andauernde Theilung derer seines unteren Theiles. Wie sehr lebhaft diese Vermehrung ist, wird aus der einen Angabe hervorgehen, dass die Zahl der Zellen der verhältnissmässig schmalen Anheftungsstelle des Blattes, querüber gezählt, auf 30 steigt.

Die Untersuchung halbentwickelter in eben dieser Zellenvermehrung begriffener Blätter von Laubmoosen wird einst eines der bequemsten Mittel der genauen Erforschung des Vorganges bei der Zellentheilung und der Bildung des Chlorophylls werden. Für unsere jetzigen Mikroskope ist das Object noch zu klein. Einige nicht uninteressante Einzelnheiten glaube ich bei Fissidens indessen bereits ermittelt zu haben. In den Zellen hart an der Blattbasis umgiebt anscheinend gleichartiger, schwach grün-

licher Schleim den als lichten Kreis erscheinenden Zellenkern. Nach der Spitze hin nimmt die Intensität der grünen Färbung zu. In Zellen, welche sich zur Theilung anschicken, geht der Entstehung der die Zelle quer durchsetzenden Scheidewand nicht allein, wie überall bei höheren Pflanzen, die Bildung zweier neuer Zellenkerne an der Stelle des verschwundenen primären vorher, sondern auch das Zerfallen des grüngefärbten Schleims in zwei kugelige Massen, deren jede einen der neu gebildeten Kerne umschliesst (XIII, 18). Weiter aufwärts, in den Zellen deren Vermehrung endete, ist der Zellenkern verschwunden; dagegen finden sich im Zellraume zwei sehr grosse Chlorophyllbläschen, in deren Innern einige Amylumkörnchen liegen (XIII, 19). In den bereits dickwandigen Zellen dicht an der Spitze des Blattes steigt die Zahl der Chlorophyllbläschen auf vier, sechs, acht und mehr. — Diese Thatsachen stimmen völlig überein mit der Vermuthung über die Entwickelungsgeschichte der Chlorophyllkörperchen, welche ich in einem früheren Abschnitte dieser Schrift äusserte.*

Durch Theilung mittelst der Blattfläche paralleler Wände (und die der neu gebildeten Zellen durch auf der Blattfläche senkrechte Wände) wandeln die der Medianlinie des Blattes von Fissidens nächsten sechs Längsreihen von Zellen sich zum Mittelnerven um. Die Basis desselben grenzt im entwickelten Blatte unmittelbar an die Duplicatur des unteren Theiles des Blattrandes.

Die Entwickelung der Laubmoosblätter ist neuerdings zur Streitfrage geworden. *Nägeli* gab an, das Blatt wachse ausschliesslich an der Spitze und am Rande. *Schleiden* dagegen (Grundzüge 3. Aufl.) vertrat eine diametral entgegengesetzte Ansicht. Einem Ausdrucke, der in dem Sinne, in welchem *Schleiden* zuerst ihn brauchte** als Gleichniss einige Berechtigung hatte, eine materielle Deutung gebend, lässt er das Blatt durch Vermehrung innerhalb des Stengelumfangs liegender Zellen aus diesem hervorgeschoben werden. Die Blattspitze sei der älteste, die Blattbasis der jüngste Theil. Es ist ergötzlich, dass beide Forscher ihre an den Laubmoosen erhaltenen Resultate »ohne Weiteres« auf das ganze Pflanzenreich, ganz besonders auf die Lebermoose ausdehnen. Schon die Betrachtung der vielgestaltigen äusseren Blattformen dieser Letzteren hätte beide billig von so extremer Auffassung abhalten sollen. Ich habe im Vorstehenden auch an den Laubmoosen nachzuweisen gesucht, dass die Wahrheit in der Mitte liege. Die erste Anlage des Blattes bildet sich aus einer nach aussen sich wölbenden Zelle des Umfangs der Endknospe durch je in der Scheitelzelle sich wiederholende Theilung. An diesem Rudimente des Blattes, welches z. B. bei Polytrichum eine Länge von 24 Zellen erreicht, ist die Spitze der jüngste, die Basis der älteste Theil. Die Zellen des Grundes des Blattrudiments beginnen in den meisten Fällen eine lebhafte Zellenvermehrung, welche dem Blatte die Endzahl seiner Zellen giebt.

Die nackte Endspitze solcher Mooszweige, welche bestimmt sind Frucht zu tragen, verändert die kegelförmige Gestalt der vegetativen Knospe in eine abgeplattet halbkugelige. Viele der Zellen ihrer Oberfläche wachsen zu kurzen Papillen aus (XIII, 21). Jede derselben theilt sich durch eine gegen den Horizont geneigte Wand; die obere der neu entstandenen Zellen durch eine auf der eben gebildeten senkrechte, entgegengesetzt geneigte. In der Endzelle des über die Fläche der Knospe hervortretenden Zellenkörpers wiederholt sich stetig die Theilung durch wechselnd geneigte Scheidewände (XIII, 21; XIV, 1, 2). Die Zellen zweiten Grades, mit Ausnahme der zwei bis sechs ältesten, untersten, theilen sich bald nach ihrer Entstehung durch radiale, senkrechte Wände. So bildet sich in kurzer Zeit in dem

* Anmerkung zu S. 10.
** Grundzüge, 2. Aufl. S. 172.

von den jüngsten Blättern umschlossenen Raume eine Anzahl kurzer, cylindrischer, aus je vier verticalen Zellenreihen zusammengesetzter Zellenkörper, bei vielen Laubmoosen untermischt mit langen, mehrzelligen Haaren, welche aus der Theilung einzelner der papillös sich erhebenden Oberflächenzellen der Knospe durch Querwände hervorgingen. Jene keulig-cylindrischen Zellenmassen sind die ersten Anfänge der Archegonien wie der Antheridien.

Hat das junge Archegonium eine Höhe von sechs bis acht Zellen erreicht, so theilen sich sämmtliche Zellen einer der vier senkrechten Zellenreihen, aus denen es mit Ausnahme der Basis und der fortwachsenden Spitze besteht, durch Wände, welche der Sehne des Bogens der gewölbten freien Aussenwand parallel, die Seitenwände der Zelle unter beiläufig 45° schneiden, und so die Mutterzelle in eine vierseitige äussere und eine dreiseitige innere Zelle theilen. Fortan theilt sich jede neu entstehende, den Strang durch eine diagonale Wand getheilter Zellen nach oben fortsetzende Zelle dritten Grades in derselben Weise sofort nach ihrer Entstehung, meist streng gleichzeitig mit der nächsten Theilung der Scheitelzelle; sehr selten wenig später, oft früher (XIII, 12; XIV, 2).

Das Archegonium besteht jetzt aus einem centralen Strange von Zellen, der von vier bis sechs Längsreihen von Zellen umhüllt wird. Von sechs Zellenreihen, bei Weitem der häufigste Fall, in Folge der Theilung zweier der ursprünglichen vier durch radiale Längswände (XIV, 5). Es gleicht somit in seiner Entwickelung wie in seinem Baue dem gleichen Organ der Lebermoose. — Eine der Zellen des centralen Stranges schwillt beträchtlich an, namentlich in die Breite, noch während das obere Ende des Archegonium fortwächst. Diese Zelle ist aber nie dem Grunde des Archegonium so nahe, wie bei den Lebermoosen; bei Phascum und Archidium, unter den von mir untersuchten Moosen denjenigen wo sie am tiefsten liegt, die dritte bis fünfte von unten auf gezählt (XIII, 10; XIV, 2). Die Zellen unter ihr theilen sich, bald nachdem sie anzuschwellen begann, durch Quer-, zum Theil auch durch Längswände; dabei strecken sie sich nur in die Länge, nicht in die Breite. Diese Zellenvermehrung ist lebhafter dicht unter der angeschwollenen Zelle, als am Grunde des Archegonium. Diejenigen Zellen, welche die Seiten jener angeschwollenen Zelle umhüllen, theilen sich bei Phascum zunächst nur durch Quer- und auf den Aussenflächen senkrechte Längswände (XIV, 3, 4); eine Theilung durch der Achse des Organs parallele Längswände tritt erst später in ihnen auf. Bei anderen Gattungen, Funaria, Fissidens, Dicranum, Polytrichum z. B. werden schon früh, vor dem Aufbrechen des Scheitels des Archegonium, die Hüllzellen der Centralzelle des Bauchtheils desselben durch der Aussenfläche parallele Längswände getheilt; besonders zeitig bei Sphagnum (XIII, 12) wo auch noch vor dem Oeffnen der Archegonienspitze diese Theilung in den inneren wie in den äusseren Zellen sich wiederholt (XIII, 13). Diese Gattung besitzt in Folge davon einen massenhafteren Bauchtheil des Archegonium, als irgend ein anderes Moos. — Auf das völlig eigenthümliche Verhalten der Achegonien von Archidium komme ich später zu sprechen.

Durch diese Vorgänge wird der untere Theil des Archegonium zu einer birnförmigen Zellenmasse, die da, wo sie in den cylindrischen oberen Theil (den Hals) des Archegonium übergeht, die vergrösserte Zelle des centralen Stranges umschliesst. In den meisten Fällen zeigt auch die Zelle des centralen Stranges unmittelbar über dieser eine beträchtliche Zunahme ihrer Dimensionen (besonders auffällig bei Sphagnum).

Wie alle Zellen der Moose besitzt jene Zelle von ihrer Entstehung an einen deutlichen Zellenkern. Er schwimmt frei in ihrem Mittelpunkte. Bei weiterer Ausbildung des Organs nimmt er an Grösse

beträchtlich zu. Hat das Archegonium die Grenze seines Längenwachsthums erreicht, so zeigt sich an seiner Stelle eine kugelige, einen scharf gezeichneten Zellenkern einschliessende Zelle (XIII, 13; XIV, 4); wahrscheinlich durch freie Zellenbildung um den primären Kern der Mutterzelle entstanden. Diese Zelle vergrössert sich rasch, nimmt eine ellipsoïdische Form an und füllt endlich die Muttelzelle beinahe völlig aus (XIV, 6).

Die Zellen der Spitze des Archegonium theilen sich, nach Beendigung des Längenwachsthums, durch radiale, theils senkrechte theils seitlich geneigte Wände, zum Theil auch durch Querwände. Die so neu entstandenen Zellen dehnen sich bei vielen Gattungen (z. B. bei Polytrichum) radial; die Spitze des Archegonium erscheint dadurch stark keulig. Währenddem verflüssigen sich die Wände des Zellstranges welcher den Halstheil des Archegonium durchzieht. So entsteht in dessen Achse ein lediglich mit schleimiger Flüssigkeit gefüllter, auf die grosse Zelle im oberen Ende des Bauchtheiles zuführender Canal. Plötzlich weichen die Zellen des Scheitels auseinander und biegen sich, unregelmässige Lappen darstellend zurück; sie bilden die sogenannte »Narbe« (XIV, 4, 6). Das Archegonium ist jetzt in dem Zustande, in welchem ich es als zum Befruchtetwerden bereit betrachte.

Die ersten Entwickelungsstufen der Antheridien der Laubmoose entsprechen wie oben erwähnt völlig denen der Archegonien. In ganz der gleichen Weise erhebt sich über die Oberfläche des Stengelendes eine keulige Masse von Zellgewebe, mit Ausnahme der fort und fort sich vermehrenden Endzelle und der Zellen der Basis aus vier senkrechten Zellenreihen bestehend; meist in ganz der gleichen Weise bildet sich durch Theilung der Zellen einer jener Reihen ein die Achse des Organs durchziehender Zellstrang; so bei den Arten von Phascum, Gymnostomum, Bryum, Eucalypta, Funaria (XIII, 22, 23; XV, 10, 11). Oder aber in jeder der vier Zellenreihen entstehen diagonale Wände, worauf in den äusseren der neuen Zellen radiale Wände sich bilden; die Antheridie wird dadurch weit massiger (XIII, 39$^{a\,b}$). So bei Polytrichum.

Die inneren Zellen der jungen Antheridie vermehren sich sehr lebhaft nach allen drei Richtungen (XIII, 24). Die Zellen der Oberfläche theilen sich nur durch Wände, welche auf den äusseren Wandungen senkrecht stehen, und weit minder oft als die inneren Zellen. So wird die Antheridie zu einem keulenförmigen, aus einer einfachen Zellschicht bestehendem Sacke, welcher eine langgezogene ellipsoïdische Gruppe sehr vieler kleiner fest unter einander zusammenhängender Zellchen umschliesst. In jeder der letzteren entsteht innerhalb eines linsenförmigen, frei im Innern liegenden Bläschens ein spiralig aufgerollter Faden aus stickstoffhaltiger, mit Iod sich bräunender Substanz (XV, 12).

Die tafelförmigen Zellen der Wand der Antheridie enthalten Chlorophyll, in der Jugend auch einen flach linsenförmigen Zellenkern, dessen grosse Achse der Aussenfläche der Zelle parallel ist (XV, 11). Wenn die Antheridie sich der Reife nähert, geht bei sehr vielen Moosen (ich nenne Funaria hygrometrica, Bryum caespiticium, Polytrichum juniperinum, Gymnostomum pyriforme, Neckera complanata), die Farbe der Chlorophyllkörperchen in roth über. Die Antheridien sind in der Regel mit gegliederten Haaren (den sogen. Paraphysen) untermischt, deren Endzellen oft (bei Mnium hornum und Funaria hygrametrica z. B.) kugelig angeschwollen sind; bei Polytrichum durch andauernde Zellentheilung mittelst wechselnd geneigter Wände eine lanzettförmige Verbreiterung an der Spitze erzeugen. — Die völlig reife Antheridie öffnet sich auf ihrem Scheitel und lässt die eingeschlossenen, kleinen, Samenfäden enthaltenden Zellen austreten. Der Vorgang ist gar leicht unter dem Mikroskop, im Wasser des Objectträgers zu beobachten;

dass er auch ganz regelmässig in der Natur erfolge, dafür spricht der Umstand, dass in jedem reichen »männlichen Blüthenstand« von Laubmoosen neben reifenden und reifen Antheridien leere, an der Spitze geöffnete sich finden.

Das Aufspringen der Spitze der reifen Antheridie der Funaria hygrometrica geschieht wie folgt: die Scheitelzelle, und die durch eine steile Wand von ihr getrennte jüngste Zelle zweiten Grades zeigen eine beträchtliche Anschwellung ihrer Aussenwand, die sich blasig wölbt, ohne dass die rothen Farbekörperchen des Zelleninhalts (deren Inneres jetzt gewöhnlich von einem Stärkekorn eingenommen wird) in die Ausbuchtung der Wand hinein treten. Plötzlich reissen beide Zellen quer über; der Inhalt der Antheridie wird als darmförmige Schleimmasse hervorgetrieben; zuerst mit grosser Heftigkeit, später in langsamer Bewegung, die mitunter, ruckweise, eine augenblickliche Beschleunigung zeigt. Die Wände der Zellchen, in welchen die Spermatozoïden-erzeugenden linsenförmigen (bei Funaria sehr kleinen) Bläschen sich bilden, sind jetzt zu einer schleimigen Gallerte aufgequollen. Im Wasser des Objectträgers wird diese rasch aufgelöst, die Bläschen vertheilen sich in der Flüssigkeit und werden bald von den sich freimachenden Spermatozoïden zerrissen, die — nicht eben schnell — ziemlich lange im Wasser sich umhertummeln. (Ich beobachtete vier Stunden andauernde Bewegungen bei Polytrichum formosum). Die Art des Aufplatzens der Antheridie lässt schliessen, dass eine Dehnung der Wand seines Scheitels mindestens in gleichem Maasse dabei thätig sei, als ein nach aussen wirkender Druck des aufquellenden Inhalts.

Die Entwickelung der in den Blattachseln kurzer Seitensprossen einzeln stehenden Antheridien von Sphagnum weicht in einigen Nebendingen von der von Phascum, Bryum, Funaria u. s. w. ab. Eine lange Reihe von Zellen zweiten Grades theilt sich nicht; es entsteht eine dünne cylindrische Doppelreihe von Zellen, deren Ende keulig anschwillt. Nur wenige (zwei bis drei) der Zellen der dem Scheitel des Organs nächsten Doppelpaare von Zellen dritten Grades theilen sich durch eine der Aussenfläche parallele Wand in innere und äussere Zellen (XIII, 14). Die ersteren werden zu Mutterzellen der Samenfäden erzeugenden Bläschen. Sie theilen sich lebhaft nach allen drei Richtungen, bis sie endlich in eine kugelige oder eyförmige Gruppe fest zusammenhängender kleiner tessellarer Zellen sich verwandelt haben (XIII, 15), in deren jeder, innerhalb eines linsenförmigen Bläschens, ein spiralig aufgerolltes Spermatozoïd entsteht. Die Zellen, welche jene centralen Zellen umhüllen, vermehren sich durch Theilungen mittelst auf der Aussenfläche senkrechter Wände und werden zur Hüllschicht der Antheridie. Auf ihrer Aussenseite bildet sich eine glasartig durchsichtige, sehr zähe Cuticula, welche sich leicht isoliren lässet. — Bei der Reife des Organs zerreisst die Cuticula am Scheitel; die Samenfäden umschliessenden Bläschen, durch das Zerfliessen der Wände ihrer Mutterzellchen frei geworden, treten zur Oeffnung aus, vertheilen sich, wenn unter Wasser, in der Flüssigkeit, und entlassen den Samenfaden, der seine drehenden Bewegungen beginnt (XIII, 16^b). Wie bekannt, waren es die Spermatozoïden dieses Mooses, an welchen *Unger* seine glänzende Entdeckung der pflanzlichen Samenfäden machte. — Die Hüllzellen* der Antheridie pflegen sich nach der Reife zu vereinzeln, gleich denen von Anthoceros, Fossombronia u. A. Die Cuticula erhält sich noch sehr lange.

Schleiden's Darstellung der Antheridie von Sphagnum als eine von einer Zellschicht umhüllte grosse sackartige Zelle, in deren Inhaltsflüssigkeit die Samenfäden erzeugenden Bläschen frei schwimmen,

---

* Deren Chlorophyllkörperchen bei der Reife der Antheridie ihre Farbe nicht ändern.

ist durchaus irrig. Bis ganz kurz vor der Reife erhalten sich völlig intact die Wände der kleinen, tessellaren, im festen Zusammenhange stehenden Zellchen, deren jedes eines jener Bläschen umschliesst. Durch ihre Anordnung lassen sie recht wohl noch die Richtung der ersten Theilungen der siebenflächigen Centralzelle der ganz jungen Antheridie erkennen.

Nur in den Archegonien solcher Moose entwickeln sich Früchte, in deren Nähe Antheridientragende Pflanzen oder Zweige derselben Pflanze vorkommen. Den zahlreichen älteren Beobachtungen welche Beweise davon geben, dass weibliche diöcische Moose, in deren Nähe keine männlichen Pflanzen derselben Art vorkommen, gesunde Archegonien, aber nie Früchte bringen, wird jeder Botaniker neue Beispiele anreihen können, der auf die Moosvegetation seiner Umgebung achtet. Bei Leipzig kommen Mnium undulatum, punctatum, Bryum caespiticium streckenweis ausschliesslich in weiblichen Pflanzen vor. Ich fand an solchen Orten alljährlich zahlreiche kräftige Archegonien, nie eine Frucht. Wo Früchte dieser Arten sich zeigen, wird man nie vergebens in der nächsten Nähe männliche Pflanzen suchen.

Die erste Andeutung der beginnenden Entwickelung einer Frucht ist eine erhebliche Zunahme der Grösse der länglich ellipsoïdischen Zelle, welche die grosse Zelle im oberen Ende des Bauchtheils des Archegonium ausfüllt (XIII, 30), und das Auftreten einer horizontalen oder schwach geneigten Querwand in ihr (XIV, 7). Die obere der beiden Zellen theilt sich bei Bryum argenteum noch ein- bis zweimal durch der zuerst gebildeten parallele Wände (XIII, 32). Der obersten dieser horizontalen Scheidewände setzt dann eine stark geneigte Scheidewand sich auf. Bei Phascum, Funaria, Fissidens bildet sich diese geneigte Wand gleich nach Entstehen der ersten horizontalen (XIV, 8 — 10; XVI, 5). Die obere Endzelle der jungen Fruchtanlage wird darauf durch eine der letztentstandenen entgegengesetzt geneigte Wand getheilt, sodann durch eine jener, der vorletzt gebildeten parallele, und so fort. Das Längenwachsthum der Fruchtanlage erfolgt durch Theilung der Endzelle mittelst wechselnd geneigter Wände (XIII, 25—27; XIV, 12—15).

Die junge, ein- bis vierzellige Anlage zur Frucht lässt sich sehr leicht frei präpariren (XIII, 30; XIV, 10, 11). Sie nimmt nur einen sehr kleinen Theil der obern Hälfte des Bauchtheiles des Archegonium ein, in dessen Höhlung sie frei liegt, und von dessen Zellen, die während der Entwickelung der Fruchtanlage sich stark vermehrt haben, sie die ihr benachbarten zusammen drückt (sehr auffällig bei Funaria XIII, 27). Bei ihrem ferneren Längenwachsthum drängt sich die Fruchtanlage mit ihrem unteren, konischen Ende immer tiefer in das Gewebe des Archegonium ein.

Die aus der stetig wiederholten Theilung der Scheitelzelle hervorgehenden Zellen zweiten Grades, deren Form die eines halbirten flachen Cylinders ist, theilen sich, meist noch vor der nächsten Theilung der Scheitelzelle, durch eine radiale senkrechte Wand. Jede der so gebildeten Zellen mit dreiseitiger Grundfläche wird darauf durch eine, der freien Aussenfläche parallele Wand in eine innere Zelle, mit dreiseitiger, und eine äussere mit vierseitiger Grundfläche getheilt (XIII, 25, 27; XIV, 14—16). Jede solche Wand greift bei ihrer Entstehung mit ihrem untersten Rande etwas über die Berührungslinie der entsprechenden Wand der nächst-unteren Zelle mit der beide Zellen trennenden Wand hinaus. — Die nächste Zellentheilung ist die der äusseren Zellen durch eine radiale Längswand. Darauf theilen sich sämmtliche äussere und innere Zellen der aus Theilung einer Zelle zweiten Grades hervorgegangenen Zellgruppe durch horizontale Wände, die inneren oft früher als die äusseren (XIII, 26; XIV, 14 — 16). Dem folgt, bei den am einfachsten gebauten Moosfrüchten, bei Phascum z. B., in den Zellen des Umfangs

nochmalige Theilung durch horizontale Wände, so dass sie nur halb so hoch erscheinen, als die des Centrum (XIV, 15 bei a). Die Zellen der Peripherie theilen sich jetzt durch diagonale, die nun äusseren durch radiale Wände, und so fort wechselnd, bis die volle Dicke der Fruchtanlage erreicht ist. Zugleich beginnt im mittlern und untern Theile der Fruchtanlage in den Zellen des Centrum Theilung durch der Sehne des entsprechenden Bogentheils der Peripherie parallele Wände, wechselnd mit radial gestellten, die zur Entstehung des die Achse der Seta durchziehenden Stranges gestreckter Zellen führt (XIV, 15).

Bei den Moosen mit zusammen gesetzterer, massigerer Frucht, bei Funaria hygrometrica, Gymnostomum pyriforme z. B. geschieht die Theilung der Zellen des Umfangs durch Querwände erst nach Entstehung einer ganzen Reihe senkrechter Wandungen, so dass der Strang längerer Zellen in der Achse des Organs weit dicker ist. Schon bei besonders kräftigen Exemplaren von Phascum geht noch die einmalige Theilung durch eine diagonale Wand der Entstehung der horizontalen in den äusseren Zellen voraus.

Die im Vorstehenden gegebene Schilderung der Theilung der Zellen zweiten Grades bezieht sich in ihrer ganzen Ausdehnung nicht auf die ältesten, zuerst entstehenden derselben. In diesen schreitet jene Zellenvermehrung nur bis auf einen gewissen Punkt vor; in den zwei bis vier erst entstehenden bildet sich nur die radiale, senkrechte und in den beiden so entstehenden dreiseitigen Zellen die diagonale Wand; — in den nächsten kommt schon die Bildung radialer senkrechter Scheidewände in den vier Zellen des Umfangs, und die Theilung der so entstehenden acht Zellen durch jene Wände unter 90° schneidende senkrechte hinzu; — und so schreitet die Zellenvermehrung nach oben hin gradweise fort.

Die Dicke der Fruchtanlage nimmt demgemäss von unten nach oben zu; sie erscheint als eine spindelförmige Zellenmasse. So lange die Vermehrung der Scheitelzelle der Fruchtanlage dauert, hält die starke Zunahme der Zellen in Richtung der Dicke stets ziemlich weit unterhalb der Spitze inne (XIV, 17).

Die Zellen des Bauchtheiles des Archegonium vermehren sich währenddem lebhaft; soweit sie die Fruchtanlage umhüllen nur mittelst Theilung durch auf der Aussenfläche senkrechte, im unteren Theile durch nach allen drei Richtungen gekehrte Wände. Auch die Zellen des bis dahin flachen Stengelendes, welches die Archegonien, das befruchtete und die unbefruchteten* trägt, dehnen und vermehren sich lebhaft; die des Mittelpunkts mehr als die der Seiten. Dadurch wird das Stengelende konisch; es trägt auf seiner Spitze das befruchtete, auf seiner steilen Fläche die abortirten Archegonien und die Paraphysen. Dies ist die Entstehung der Vaginula; sie erfolgt bei Phascum, Bryum schon sehr früh, zur Zeit da die Fruchtanlage nur die oberen zwei Drittheile des Archegonium einnimmt (XIII, 31; XIV, 14[b]). Noch viel früher beginnt bei Sphagnum die starke intercalare Vermehrung der Zellen des Archegonien tragenden Stengelendes: schon bevor das junge Archegonium die Vollzahl seiner Zellen erreicht. Die sehr kurzen zur Fruchtbildung neigenden Seitensprossen von Sphagnum cymbifolium und squarrosum pflegen nur ein, höchstens zwei Archegonien zu entwickeln, wie schon erwähnt mit auffallend stark ausgebildetem Bauchtheil, stark keuliger Spitze (XIII, 13). Ist letztere ihrem Aufbrechen nahe, so mehrt sich sehr die Zahl der Zellen des (bei Sphagnum kegelförmigen) Stengelendes, welches Archegonien trägt, ohne dass der Umriss der konischen Gewebsmasse sich ändert. Ihre Oberfläche trägt rudimentäre Blätter, bestimmt im nächsten Sommer, beim Beginn der Fruchtreife, sich zu entfalten (XIII, 13).

* Bei mehreren Arten von Mnium, die eine sehr grosse Zahl (bis 50) Archegonien in einem Blüthenstande zeigen werden gewöhnlich deren mehrere befruchtet.

Das andauernde Längenwachsthum der Fruchtanlage drückt in Folge des Widerstands, welchen die Wölbung des Archegonium unter dessen Halstheile der Spitze jener entgegengesetzt, ihr (der Fruchtanlage) unteres Ende immer tiefer in das Gewebe des unteren Theils des Archegonium, bis es endlich das Parenchym der Vaginula erreicht, in die hinein bis zu ihrem Grunde es sich bohrt. Das Gewebe des Stengels selbst widersteht dem ferneren Vordringen der unteren Spitze der Fruchtanlage. Der zur Calyptra gewordene Bauchtheil des befruchteten Archegonium pflegt jetzt in vielen Fällen Glockenform anzunehmen, wie es scheint ausschliesslich durch Dehnung seiner Zellen (Phascum XIV, 18, Gymnostomum, Eucalypta, Orthotrichum). Die Zellen seines inneren Gewebes werden dabei verflüssigt, nur die eine der Aussenfläche bleibt erhalten (XIV, 18). Der Hohlraum zwischen ihr und der spindelförmigen Fruchtanlage ist mit wässeriger Flüssigkeit gefüllt. Die durch die plötzlich eintretende beträchtliche Dehnung der Zellen der Mitte der Fruchtanlage gesteigerte Spannung der Seitenwände der Calyptra bewirkt, dass diese nahe ihrer Verbindungsstelle mit der Vaginula ringsum abreisst. Von der sich rasch weiter verlängernden Fruchtanlage, deren Spitze sie aufsitzt, wird sie hoch empor gehoben.

Jetzt beginnt eine lebhafte Zellenvermehrung, vorzugsweise in die Dicke, im oberen Theile der Fruchtanlage, etwas unterhalb der Spitze, deren Zellen selbst an dieser Neuerzeugung von Zellen keinen Theil nehmen. Hat die wiederholte Theilung der Zellen der Aussenfläche der Fruchtanlage den Querdurchmesser des Theiles derselben nahe unter der Spitze auf eine bestimmte Zahl von Zellen gebracht (bei Phascum cuspidatum z. B. auf 16, bei Gymnostomum pyriforme auf 18) so bildet sich, nahe unter der Aussenseite des schwach bauchig angeschwollenen oberen Theiles der Fruchtanlage, eine Luftlücke von Form eines Hohlcylinders, welche den axilen Theil der Anlage zur Kapsel vom peripherischen, der äusseren Kapselwand der Bryologen trennt. Die letztere ist bei den meisten Arten von Phascum nur drei Zellenlagen dick (XV, I) bei Ph. bryoïdes gar nur zwei (XIV, 19), bei Gymnostomum pyriforme zeigt sie in ihrem unteren Theile fünf, im oberen drei Zellenschichten (XV, 16).

Eine Ringschicht von Zellen des axilen Theiles der Anlage der Kapsel wird zu den Ur-mutterzellen der Sporen. Bei Phascum, Eucalypta ist es die zweite, bei Gymnostomum, Funaria die dritte, von der Peripherie des von der bauchig-hohlcylindrischen Luftlücke umschlossenen centralen Theils der ganz jungen Kapsel nach innen gezählt. Die von aussen zunächst ihr angrenzenden Zellen werden sehr früh durch der Achse der Frucht parallele, die Mehrzahl der inneren der neu entstandenen Zellen durch horizontale Wände getheilt (XV, 16b). In Folge davon trennen bei Phascum, Eucalypta zwei, bei Gymnostomum, Funaria drei Zellenlagen die Schicht der Urmutterzellen von der hohlcylindrischen Luftlücke (XV, 1, 2, 16—19).

Diese Zellen, in welchen durch mehrfach wiederholte Zellenerzeugung die Sporen gebildet werden, umhüllen in der $^1/_4$ bis $^2/_5'''$ langen jungen Kapsel von Phascum cuspidatum die aus einer centralen Gruppe weniger grosser dünnwandiger Zellen, und einer peripherischen, den Mutterzellen den Sporen angrenzenden Schicht chlorophyllführender Zellen bestehende Columella. Von den beiden der Urmutterzellen der Sporen aufgelagerten Zellschichten besteht die innere aus viermal kleineren Zellen als die äussere.

Die den Urmutterzellen der Sporen angrenzende Zellschicht der Columella wie der künftigen inneren Wand der Kapsel unterscheidet sich durch starke Concentration des dextrinreichen Inhalts auffallend von allen übrigen Zellen der Theca. — Die grossen Zellen des Centrum der Mittelsäule enthalten

Amylumklümpchen von eigenthümlichem Bau: kleine feste, durch Iodtinctur sehr intensiv sich blau färbende Körnchen sind einer gallertartigen Masse eingebettet, welche bei Einwirkung von Iod lichtblaue Farbe annimmt.

Die Urmutterzellen enthalten auf dieser Stufe der Entwickelung einen grossen centralen Kern, mit meist nur einem Kernkörperchen und ziemlich durchsichtiger Inhaltsflüssigkeit (XVI, 1). Der übrige Inhalt der Zelle, durch zahlreiche Körnchen getrübter dickflüssiger Schleim, macht das Erkennen der Umrisse des Kerns etwas schwierig.

Die Mehrzahl der Urmutterzellen theilt sich, bei weiterer Entwickelung der Frucht, durch eine zur Aussenfläche der Theca senkrechte Längs- oder Querwand (XV, 2[b]), seltner durch eine jener Aussenfläche parallele Längswand (XV, 4). Dem Auftreten dieser Wand geht das Verschwinden des primären Kerns der Zelle und das Entstehen zweier neuen Zellenkerne vorher. Der Primordialschlauch theilt sich in zwei Hälften, deren jede einen der neu gebildeten Kerne umschliesst; an der Berührungsfläche sondern diese Theilhälften die neue Zellenwand aus, eine sehr zarte Lamelle aus Cellulose (XV, 2 bei a; die Primordialschläuche haben sich unter dem Einflusse reinen Wassers, gegen welchen sie bei Phascum sehr empfindlich sind, etwas contrahirt).

Bisweilen, bei sehr üppiger Entwickelung der Frucht, wiederholt sich die nämliche Theilung in den secundären Mutterzellen. Gewöhnlich aber werden gleich nach Entstehen der secundären Mutterzellen die tertiären, die Sporenmutterzellen gebildet.

Wegen der Undurchsichtigkeit des Zelleninhalts lässt sich der Kern der secundären Mutterzelle nur mühsam erkennen. Es ist nicht wohl möglich zu ermitteln, welche Rolle er bei Bildung der Sporenmutterzellen spielt. Durch den grumösen Inhalt der fertigen tertiären Mutterzelle schimmert ganz undeutlich ein Kern mit grossem Kernchen.

Die Sporenmutterzellen liegen zu zweien, sehr selten zu vieren (XVI, 7), völlig frei und lose im Innenraume der Urmutterzellen. Der zweite Fall kann füglich als eine Folge davon betrachtet werden, dass die Bildung secundärer Mutterzellen unterblieb. Da die Letzteren, wie eine sehr lange Reihe vergleichender Messungen mich überzeugte, während und nach der Entstehung der Sporenmutterzellen an Grösse nicht zunehmen, so kann die Bildung dieser nicht anders statt gefunden haben, als durch das Eintreten einer starken Zusammenziehung des gesammten Inhalts (des Primordialschlauches) der Zelle entweder vor oder unmittelbar nach Theilung desselben in zwei Hälften, auf deren ganzer Oberfläche sich dann Zellstoff aussondert. Eine derartige Uebergangsstufe glaube ich direct beobachtet zu haben (XVI, 6).

Die Membran der Mutterzellen, der primären sowohl als der secundären und tertiären, färbt sich mit Iod blassblau. Unter Wasser gebracht, quillt ihre Substanz rasch auf, besonders die der inneren, jüngeren Schichten; — am wenigsten die der primären Mutterzellen, am stärksten die der tertiären. Diese Eigenschaft der Wand der Sporenmutterzelle liefert einen der schlagendsten Beweise für die Selbstständigkeit des Primordialschlauches.

Die Sporenmutterzelle vergrössert, im Wasser des Objectträgers liegend, ihr Volumen rasch um das Doppelte, indem ihre Wand sich gewaltig ausdehnt. Der deutlich von einer besonderen, sehr zarten Membran umschlossene Zelleninhalt schwillt dabei wenig oder gar nicht an; er liegt als geschlossene Blase frei im Innenraume der Zelle, umgeben von wässeriger Flüssigkeit (XVI, 8[a]). Einzelne Punkte des Primordialschlauchs zeigen bisweilen langsame Ausdehnungen und Zusammenziehungen, völlig

ähnlich denen mancher niederer Thiere. Es ist namentlich in solchen Fällen, dass die zarte, schleimige Haut, welche den Zelleninhalt umschliesst, aufs Deutlichste beobachtet werden kann.

Bei fortgesetzter Aufnahme von Wasser drängt sich der Primordialschlauch seitlich an die Zellwand; die in seiner Inhaltsflüssigkeit schwimmenden Körnchen zeigen dabei lebhafte Molecularbewegung. Endlich wird die Zellmembran gesprengt, gewöhnlich an der Stelle wo der Primordialschlauch ihr anliegt; dieser tritt durch den Riss aus. Dabei zerreisst er gewöhnlich; einigemale jedoch sah ich den Primordialschlauch als geschlossene, straff gespannte kugelige Blase aus dem Risse der Zelle hevorgleiten (XV, 5[b]). Die Körnchen seines Inhalts (Amylum und eyweissartigen Stoffs) setzten dabei ihre lebhafte Molecularbewegung fort, welche plötzlich endete, als dem Präparate ein Tropfen verdünnter wässeriger Iodtinctur zugesetzt wurde. Die Membran des Primordialschlauchs schrumpfte etwas zusammen und färbte sich gelbbraun (XV, 5[c]).

In einem Falle beobachtete ich ein sehr eigenthümliches Verhalten des Primordialschlauches. Als ich das Objekt unter das Mikroskop brachte, schwebte er als kugelige Blase frei im Inneren der aufgequollenen Zelle. Später näherte er sich der Zellwand, und schmiegte sich einer ihrer Seiten an, die Gestalt eines schwach eingedrückten Schlauches annehmend (XV, 6). Die Hälfte des Zellraumes blieb leer, enthielt nur Wasser. Der Primordialschlauch, an der Innenwand der Zelle hingleitend, begann eine langsame rotirende Bewegung.

Wie schon oben erwähnt, quellen auch die Wände der secundären Mutterzellen rasch bis zum Zerreissen auf. Bringt man einen Schnitt aus einer Kapsel unter Wasser, in welcher fertig gebildete tertiäre Mutterzellen in den secundären eingeschlossen sind, so treten oft in wenig Augenblicken sämmtliche Sporenmutterzellen aus den zerreissenden secundären und verstreuen sich im Wasser des Objectträgers. Auf dieser Entwickelungsstufe der Kapsel reisst die Inhaltsflüssigkeit auch der Zellen der äusseren Kapselwand das Wasser mit grosser Gewalt an sich; über und in diesen Zellen treten sehr lebhafte Strömungserscheinungen ein, wenn ein dünner Schnitt derselben unter Wasser gebracht wird.

Der Primordialschlauch der Mutterzelle der Sporen zerfällt in vier Portionen, welche erst nach einiger Zeit mit einer starren Membran sich bekleiden und bei Einwirkung von Alkohol zusammenschrumpfen. Die erste Andeutung dieser Theilung ist das Auftreten eines quer durch die Zelle verlaufenden durchscheinenden Streifens im trüben Zelleninhalte (XV, 4), oder zweier unter rechtem Winkel sich schneidender solcher Streifen (XV, 3). Die Contraction des Primordialschlauches erfolgt hier offenbar erst nach seiner Theilung in zwei Hälften. Die Undurchsichtigkeit des Zelleninhalts hindert gänzlich das Erkennen des Verhaltens des Zellenkerns der Sporenmutterzelle bei Bildung der Sporen.

Die jungen Sporen liegen zu vieren völlig frei in der Mutterzelle (XV, 8). Jede Spore zeigt einen centralen Kern mit deutlichem Kernchen (XV, 9). Der Zelleninhalt besteht aus Proteïnverbindungen, Dextrin und Stärkekörnchen. Später, beim Beginn der Bildung des Exosporium (zu welchem Zeitpunkte die Resorption der Sporenmutterzellen beginnt) zeigen sich Oeltröpfchen im Innern der Spore, welche gegen die Reife hin an Zahl und Grösse zunehmen. Während der Zeit, in welcher die Sporen frei zwischen Innenwand der Theca und Columella liegen, strotzen die Zellen der innersten Zellschicht der ersteren, der äussersten der letzteren von einer gesättigten Dextrinlösung, in welcher der Zellenkern als sehr scharf umgrenztes Bläschen mit das Licht minder brechendem Inhalte schwimmt.

Während der Aussonderung des Exosporium färben die Wände derjenigen Zellen sich tief

braun, welche der Columella nach dem Scheitel der Frucht hin angrenzen. Von ihnen aus beginnt die theilweise Zerstörung der Theca, durch welche die Sporen, inzwischen völlig gereift, frei werden.

Bei Gymnostomum pyriforme erstreckt sich die Vermehrung der Zellen des oberen Theiles der spindelförmigen Fruchtanlage weit über die Basis der künftigen Frucht hinab. So entsteht eine Apophysis, die auf den frühesten Entwickelungsstufen die Frucht an Masse weit übertrifft (XV, 16). Nach dem Auseinandertreten zweier ringförmiger Schichten von Zellen unterhalb des Scheitels der Fruchtanlage, durch welches die Lücke zwischen der Aussen- und Innenwand der Theca sich bildet, wachsen einzelne der Zellen der Innenseite der Aussenwand zu Zellenketten aus, deren oberste Zellen mit der Oberfläche der Innenwand verwachsen (XV, 16).

Die Urmutterzellen des Gymnostomum pyriforme stellen in der ganz jungen Kapsel, zu der Zeit, da eben die Theilung der von aussen und innen ihnen angrenzenden Zellen erfolgte, sehr flache, der Längsachse der Frucht parallele Tafeln dar (XV, 16[a b]). Bei weiterer Entwickelung der Theca nimmt der Querdurchmesser dieser Zellen beträchtlich zu. Ein in der Inhaltsflüssigkeit freischwimmender verhältnissmässig grosser Zellenkern mit grossem Kernchen wird sichtbar (XV, 17, 18). Bald übertrifft die Länge der Zelle beträchtlich ihre Höhe und Breite.

Jetzt treten an der Stelle des verschwindenden primären Kernes zwei neue kugelige Zellenkerne auf. Um jeden derselben häuft sich eine Hälfte des Inhalts der Zelle von körnigem Schleime an; es entstehen zwei kugelige Ballen von Protoplasma, welche an ihrer ganzen Oberfläche Zellstoff aussondernd, die freiliegenden, sphärischen Mutterzellen der Sporen darstellen (XV, 20, 21).

Waren die Urmutterzellen ungewöhnlich hoch oder breit, so geht ihre Theilung in der Weise der gemeinen Zellenvermehrung der Bildung der Sporenmutterzellen voran. Solcher Urmutterzellen zweiten Grades grenzen dann zwei an eine der benachbarten Zellenschichten (XV, 20). In seltenen Fällen entstehen auch vier Sporenmutterzellen in einer Urmutterzelle (XV, 21).

Die Wände der Urmutterzellen, schon früher sehr empfindlich gegen die Einwirkung des Wassers, werden es noch mehr nach Entstehung der Sporenmutterzellen. Bringt man einen Längsschnitt aus einer auf dieser Stufe der Entwickelung stehenden Frucht ins Wasser des Objectträgers, so platzen augenblicklich die Wände der Urmutterzellen; die Sporenmutterzellen werden über das Gesichtsfeld verstreut. Es ist nothwendig, die Präparate in Salzlösungen zu untersuchen. Die des kohlensauren Ammoniaks leistete auch hier die besten Dienste.

Auch im natürlichen Laufe der Dinge erfolgt ziemlich bald nach Entstehung der Sporenmutterzellen die Verflüssigung der Wände der Urmutterzellen. Die kugeligen Sporenmutterzellen liegen dann frei zwischen der Mittelsäule und der Innenwand der Theca. Zahlreiche Schleimkörnchen umgeben den centralen Zellenkern, dessen Inhaltsflüssigkeit völlig wasserklar ist (XV, 22).

Bei weiterer Entwickelung der Frucht nähert sich der Kern der Sporenmutterzelle der Zellwand; dabei pflegt er Linsenform anzunehmen. Die Elementarkörnchen der Inhaltsflüssigkeit der Zelle häufen sich in deren Mittelpunkte zu einer kugeligen Gruppe (XV, 23), welcher bisweilen der Zellenkern zum Theile eingebettet ist. Diese Anhäufung von Körnchen theilt sich jetzt in zwei Hälften (XV, 24); manchmal lässt sich in jeder dieser Körnermassen ein kugeliger Zellenkern wahrnehmen (XV, 25). Jede der langgezogenen Gruppen von Schleim und Körnchen zerfällt aufs neue in zwei Theile; es finden sich jetzt vier sphärische Anhäufungen von grobkörnigem Protoplasma in der Mutterzelle. Sie ordnen sich in

der Regel nach den vier Ecken eines Tetraëders (XV, 27, 30); sehr selten liegen sie in derselben Ebene (XV, 28, 29). Jede von ihnen umschliesst einen Zellenkern. Die Umrisse des primären Kerns der Mutterzelle wurden während dieser Vorgänge immer unbestimmter; endlich entschwindet er völlig der Beobachtung.

Um jeden der vier secundären Zellenkerne bildet sich eine Spore. Die vier Sporen füllen die Mutterzelle bei Weitem nicht aus. Die Räume zwischen ihnen erfüllt zähe-flüssige Gallerte (XV, 31—33).

Die ersten Entwickelungsstufen der Sporenmutterzelle von Funaria hygrometrica gleichen denen des Gymnostomum pyriforme. Ausserhalb des primären Kernes der Zelle bilden sich, inmitten einer Anhäufung körnigen Schleimes, zwei secundäre Kerne (XVI, 1, 2), an deren Stelle später vier erscheinen. Jetzt verschwindet der blässer gewordene primäre Zellenkern. Plötzlich theilt sich die Mutterzelle durch sechs zwischen je zweien der vier secundären Kerne verlaufende Wände in Viertheile von Form eines Tetraëders mit convexer Grundfläche: Specialmutterzellen, bei dieser Gattung mit festen, starren Wänden (XVI, 3). In jeder derselben entsteht, nach starker Verdickung der Wand der Specialmutterzellen durch Auflagerung gallertartiger Schichten, eine Spore, welche gleich bei ihrem ersten Auftreten die Mutterzelle völlig ausfüllt (XVI, 4).

Die Bildung der Sporen von Funaria ähnelt somit weit mehr derjenigen des Pollens der Phanerogamen, als die Sporenentwickelung von Phascum, die ihr gleichende von Eucalypta, und die von Gymnostomum pyriforme. Die bedeutenden Abweichungen des Entwickelungsganges der Sporenmutterzellen im Uebrigen so nahe verwandter Pflanzen dürfen unbedenklich betrachtet werden als eine Hindeutung darauf, dass die Specialmutterzellen überhaupt nicht selbstständige Organe, dass sie nicht gleichwerthig seien den Sporen- oder Pollenzellen. — Man kann den Vorgang bei Bildung der vier Sporen- oder Pollenzellen nicht wohl anders auffassen, denn als eine wiederholte Zweitheilung des Primordialschlauches der Mutterzelle, welcher eine beträchtliche Contraction der Theilhälften des Schlauches folgt. Ob nun Specialmutterzellen sich bilden, hängt einzig davon ab, ob die zwei, beziehendlich vier Theilhälften des Primordialschlauchs während ihrer allmäligen Zusammenziehung fortwährend auf der Aussenfläche (mehr oder minder gallertartigen) Zellstoff aussondern oder nicht. Im letzteren Falle wird die Bildung von Specialmutterzellen völlig unterbleiben; die Sporen werden frei im Innenraume der Mutterzelle liegen, wie bei Phascum und bei Eucalypta.

Die Frucht von Archidium konnte ich bisher nur auf ihrer ersten Entwickelungsstufe und der Reife sehr nahe untersuchen; die vermittelnden Zustände konnte ich mir nicht verschaffen. Im eben befruchteten Archegonium (XVI, 5) vergrössert die Centralzelle sich so bedeutend, dass sie die Zellen der sie umhüllenden Schicht flach zusammen drückt. Die Spitze des Halstheils fällt früh zusammen, ähnlich wie bei Marchantia. — An der der Reife nahen Frucht (XVI, 6) ist keine andere Spur einer Calyptra wahrzunehmen, als ein dem Rande der sehr schwach entwickelten Vaginula aufgesetzter abstehender häutiger Saum; offenbar der Rest des unteren Theiles der frühe zerstörten Calyptra. Mit einem nur rudimentären Fruchtstiele ist die Kapsel der Vaginula eingefügt. Wie bekannt, erfüllen die colossalen Sporen völlig den Raum der kugeligen Kapsel. Die Ansicht *Schimpers*, dass die Sporen einzeln in losen Mutterzellen entständen, muss ich für eine irrige halten. Nicht allein die tetraëdrische Form der Sporen spricht gegen sie, sondern in minder entwickelten Früchten fand ich auch die Sporen noch durch die in beginnender Auflösung begriffenen von der Mutterzelle umschlossenen vier Specialmutterzellen zusammen

gehalten (XVI, 7). — Dass auch Archidium eine Columella besitze, welche freilich schon früh durch die ungewöhnlich starke Entwickelung der Sporen verdrängt und aufgelöst wird, erwähnt an mehreren Orten seiner Schriften *Bischoff*, der halbentwickelte Früchte zergliederte.

Mit trefflichen Untersuchungen der Entwickelung des oberen Endes der spindelförmigen Fruchtanlage der Laubmoose zur Theca bereicherten die botanische Literatur *Mohl*,* *Lantzius-Beninga*,** und *Schimper*.*** Die erste Entstehung der Fruchtanlage, wie der innere Bau des Archegonium dagegen waren bisher so gut als unbekannt.

Wenige Vorgänge im Pflanzenreich sind so gründlich gekannt, als die Keimung der Moossporen, als die Entstehung beblätterter Achsen aus einzelnen Zellen des confervenähnlichen Vorkeims. Die unübertrefflichen Untersuchungen *Schimpers* (a. a. O.) haben die letzten Zweifel, die etwa noch bestehen mochten, vollständig gelöst. Die Versuche *Hedwigs* und seiner Nachfolger sind an manchen Arten (Funaria hygrometrica, Barbula muralis z. B.) so leicht zu wiederholen, dass es Raumvergeudung sein würde, die Erscheinungen nochmals ausführlich zu beschreiben. Nur einige minder bekannte Einzelnheiten werde ich besprechen.

Die Fäden des Vorkeims, des aus Entwickelung einer Spore entstanden sowohl, wie des einer Zelle der Stengeloberfläche oder eines Blattes entsprossenen**** zeigen bei vielen Arten zwei sehr verschiedene Modificationen der Entwickelung. Die Hauptverzweigungen der confervenähnlichen Zellenreihen sind dicht mit assimilirten Stoffen gefüllt, enthalten besonders zahlreiche Chlorophyllkörperchen; ihr Wachsthum in die Länge, erfolgend durch wiederholte Quertheilung der Endzelle, ist unbegränzt. Die seitlichen Verzweigungen dieser Hauptäste des Vorkeims haben nur begränztes Wachsthum; die Endzellen, wenn sie aufhören sich zu theilen, nehmen Kegelform an. Dabei sind diese Seitenzweiglein sehr vielfach verästelt. Ihr Inhalt ist weit minder concentrirt, ihr Querdurchmesser geringer, ihr Chlorophyll zieht mehr ins Gelbliche, als das der Hauptäste. Nur diese letzteren vermögen Keime, beblätterte Achsen zu erzeugen. — Die Hauptverzweigungen des Vorkeims dürfen vielleicht Stengeln verglichen werden; die seitlichen Aeste mit begrenztem Wachsthume Blättern. — Besonders auffällig sind diese Erscheinungen an den Vorkeimen von Racomitrium ericoïdes. Hier erinnern die Seitensprossen der Hauptverzweigungen durch ihre Tracht aufs Lebhafteste an die Blätter von Trichocolea tomentella. Ferner an den Vorkeimen des Phascum serratum, besonders an denen, welche aus den unteren Blattachseln entwickelter Pflanzen hervorspriessen.

---

* Flora 1833; vermischte Schriften. S. 72 ff.

** De evolutione sporidiorum in capsulis muscorum; Göttingen 1844.

*** Récherches sur les moüsses, Strassburg 1848.

**** Sei es mir gestattet, einige Worte über meine Auffassung des Ausdrucks »Vorkeim« zu sagen. Unsere Sprache versteht unter Keim jede, der Entwickelung von Blättern und Nebenwurzeln fähige Knospe; sie spricht vom Keim der Zwiebel, der Kartoffel, vom Hopfenkeim. — Wo sich nun im Pflanzenreiche Organe finden, welche abweichend und wesentlich einfacher gebaut als die beblätterten Stengelanlagen, die später ihnen entspriessen werden, gesetzmässig und nothwendig im Laufe ihrer Entwickelung Keime hervorbringen müssen, da halte ich mich für berechtigt, diese Organe »Vorkeime« zu nennen. So bezeichne ich als Vorkeime das Protonema der Moose, möge es seine Entstehung der Keimung einer Spore oder der selbstständigen Entwickelung einer einzelnen Zelle der blättertragenden Pflanze verdanken, ferner die Embryoträger von Selaginella, der Coniferen und der Phanerogamen. Dagegen versage ich diese Bezeichnung den unmittelbar aus der Keimung der Spore der Farrnkräuter, der Equisetaceen, der Rhizocarpeen und der Lycopodiaceen hervorgehenden Gebilde, welches Antheridien und Archegonien, beziehendlich nur Archegonien trägt. Dieses Organ nenne ich ausschliesslich Prothallium.

Es ist eine, besonders durch ***Nägeli**** **hervorgehobene Thatsache, dass Sprossen des Vorkeims oft verhältnissmäsig weite Strecken unter der Erdoberfläche zurücklegen; die Querwände solcher unterirdischer Fäden des Vorkeims sind nicht senkrecht auf der cylindrischen Aussenfläche, sondern stark zu ihr geneigt.** Die Vorkeimfäden der Schistostega osmundacea kriechen besonders weit in dem feuchten Sande umher, auf welchem dieses zierliche Moos zu vegetiren pflegt. Diese unterirdischen Zellenreihen haben so enges Lumen, ihre Inhaltsflüssigkeit ist so völlig durchsichtig, so arm an körnigen Stoffen, dass sie einigen der zartesten mikroskopischen Schimmelformen zum Verwechseln gleichen. Tritt die Endzelle eines solchen Fadens ans Tageslicht, so schwillt sie sogleich kugelförmig an; in der Inhaltsflüssigkeit bilden sich einige schön smaragdgrüne Chlorophyllbläschen. Die Vermehrung der Zellen des überirdischen, grünen Theils des Vorkeims erfolgt durch die dauernde Theilung seiner Zellen vermittelst Querwände. Der Vorgang dabei ist ein ziemlich eigenthümlicher. Die neu sich bildende Wand durchsetzt nicht quer die Mutterzelle, sondern die Einleitung zur Theilung beginnt damit, dass aus dem Scheitel eine kleine, anfangs halbkugelige Ausstülpung sich erhebt (XIII, 34). Der obere Theil derselben nimmt an Umfang rasch zu und wird kugelig; der untere dagegen, die Verbindungsstelle der Aussackung mit der Mutterzelle, erweitert sich nur wenig oder gar nicht. Endlich, wenn die Grösse der Ausbauchung diejenige der Mutterzelle ziemlich erreicht hat, tritt plötzlich in der engen beide verbindenden Einschnürung eine Querwand auf, welche die zur neuen Zelle werdende Ausstülpung von der Mutterzelle trennt (XIII, 35). Geraume Zeit vor dem Erscheinen dieser Wand zeigen sich in der Ausbuchtung die ersten Chlorophyllbläschen, in der Regel zuerst nur eines. Ihr Entstehen scheint dadurch zu erfolgen, dass in einem sphärischen Tropfen halbflüssigen Schleims Farbstoff auftritt. Gewiss ist, dass keine Chlorophyllbläschen aus dem ursprünglichen Zellraume in die sich vergrössernde Aussackung übertreten. Oft erreicht das einzelne Chlorophyllbläschen eine sehr bedeutende Grösse (XIII, 34): in anderen Fällen finden sich vier und mehr Chlorophyllbläschen in der Ausbauchung noch vor der Bildung der Scheidewand, welche sie vom ursprünglichen Zellraume abtrennt. Vielleicht gingen diese aus wiederholter Theilung des primären einzelnen Chlorophyllbläschens hervor. Sehr häufig ist die Vierzahl der Chlorophyllbläschen in den vor nicht gar langer Zeit gebildeten Zellen des Vorkeims. Aeltere Zellen zeigen in der Regel eine grössere Anzahl. Nur selten sind die Chlorophyllbläschen zu einem Klumpen im Mittelpunkte der Zelle geballt: diese Erscheinung scheint mir eine krankhafte. Es bedarf ihrer durchaus nicht, den bekannten (grüngelben) Metallschimmer zu erklären,** welchen die von Vorkeimen der Schistostega überzogenen Stellen zeigen. Dazu genügt völlig die sphärische Form der einzelnen Zellen. Thautropfen auf Spinnweben bringen eine ganz ähnliche optische Wirkung hervor.

Ich konnte in den sich vermehrenden Zellen des Vorkeims von Schistostega Zellenkerne nicht bemerken (die Anwendnng von Iodtinctur war bei meinen, auf einer Gebirgsreise gemachten Beobachtungen mir nicht möglich).

Einige ältere Forscher sprachen sehr seltsame Phantasieen aus über den Einfluss der rosenkranzförmigen Zellenketten des Vorkeims von Schistostega auf die Entwickelung der jungen Pflanze. Das Lustigste findet sich bei *Hübener:* »diese Körperchen sollen .... durch einen Lichtreflex das der Schisto-«

---

* Zeitschrift f. Botanik. Hft. 2. S. 172 ff.

** Wie *Schimper* will; récherches sur les mousses p. 12.

»stega zum Leben erforderliche Licht geben, und auf diese Weise, wie *Eschweiler* treffend bemerkt,« »die Monde der Pflanzenwelt darstellen.« — Von einer Phosphorescenz kann bei dem Schimmer des Protonema des Schistostega nicht die Rede sein. Im Dunkeln leuchtet es nie, selbst wenn es vorher ziemlich intensivem Lichte (dem von weissen Wolken zurück geworfenen) ausgesetzt wird. Unmittelbare Einwirkung der Sonne zerstört die Lebensthätigkeit der Zellen fast augenblicklich. Diese ausserordentliche Empfindlichkeit gegen Sonnenstrahlen theilt Schistostega mit einer grossen Zahl von Moosen, z. B. mit Calypogeia Trichomanes.

FARRNKRÆUTER.

Taf. XVI, XVII.

Die Sporen der Farrnkräuter zeigen durchgängig eine ziemlich dicke, spröde äussere Sporenhaut, die mit netzartig verlaufenden Leisten, oder auch mit Stacheln besetzt ist. In feuchter Wärme sprengt die anschwellende innere Haut der Spore deren spröde äussere Schaale, meist an der Vereinigungsstelle der drei besonders vorspringenden Leisten der äusseren Sporenhaut, welche den Berührungskanten der Spore mit ihren drei Schwestersporen entsprechen. Eine Ausbauchung der innern Sporenhaut tritt aus dem Spalt hervor; einige Chlorophyllbläschen bilden sich in deren Inhaltsflüssigkeit. Bald darauf erscheint der aus dem Spalt der äusseren Sporenhaut hervorragende Theil der primären Sporenzelle von dem innerhalb derselben verbleibenden durch eine Querwand abgeschieden (XVII, 25). In der äusseren, aus dem Exosporium hervorgetretenen der neu gebildeten Zellen wiederholt sich die Theilung durch eine Querwand zu vier bis sechs Malen (XVII, 26—28). In einigen Fällen streckt sich dabei die unterste, der Spore nächste Zelle bedeutend in die Länge, Schlauchform annehmend (z. B. bei Asplenium XVII, 17); in Anderen, den Meisten findet keine solche Dehnung statt z. B. Pteris, Gymnogramme. Nach etwa der fünften oder sechsten Theilung der Scheitelzelle des jungen Keimpflänzchens durch Querwände theilt sie sich durch eine Längswand. Ungefähr um dieselbe Zeit entsteht die erste Haarwurzel des Prothallium, eine Ausstülpung der von der äusseren Sporenhaut umschlossenen untersten Zelle desselben, oder der dieser nächsten (XVII, 27. 28). Die beiden Scheitelzellen des Prothallium theilen sich wiederholt durch Querwände. In den so entstehenden Zellen zweiten Grades treten Längswände auf, doch nicht in den zuerst gebildeten zwei bis vier Zellenpaaren; auch in den nächsten oft nur in einer der beiden gleichalten Zellen (XVII, 28). Das Prothallium beginnt sich zur Zellfläche umzuwandeln. Bald theilen sich auch die Scheitelzellen durch etwas von der Längsachse des Prothallium divergirende, auf den Flächen desselben senkrechte Längswände. Das Organ hat jetzt vier Scheitelzellen die mehrmals durch Wände sich theilen, welche jene von der Längslinie divergirenden unter beiläufig 45% schneiden (XVII, 17). Dadurch ist der Grund gelegt zur zweilappigen Gestalt des Prothallium. Die Zellen zweiten Grades der Flügel des Vorderrandes theilen sich oft wiederholt durch den Sehnen des

ihnen angehörigen Bogens des Umrisses parallele Wände. Nach einer Reihenfolge solcher Theilungen entstehen in den äusseren Zellen auf den letztentstandenen Querwänden rechtwinkliche Längswände. In beiden neugebildeten Zellen wiederholt sich sodann die Theilung durch Querwände; in den, den Scheiteln der seitlichen Lappen näheren Zellencomplexen wird sie nach 1—3maliger Wiederholung durch den Wiedereintritt der Theilung durch Längswände unterbrochen (XVI, 1; XVII, 1). Die beiden Lappen des Prothallium nehmen dadurch an Umfang rasch und bedeutend zu; die Zellen der Ränder sind in abnehmender Progression kleiner als die der Mitten. Die beiden Zellen der Mitte des Vorderrandes des jungen Prothallium, welche den Grund der immer tiefer werdenden Einbuchtung des Vorderrands einnehmen, theilen sich oft wiederholt wechselnd durch zur Längsachse des Prothallium rechtwinklige und durch ihr parallele, auf den Flächen des Prothallium senkrechte Wände (XVI, 8). In ihren Nachbarzellen erfolgen die gleichen Theilungen. Auf späteren Entwickelungstufen des Vorkeims wird der Wechsel der beiden verschiedenartigen Theilungen unregelmässig und ungleich (XVII, 1).

Einzelne Zellen der Unterseite des Prothallium — an sehr jungen Keimpflanzen, oder an jungen Sprossen wuchernder Prothallien auch Zellen des Randes, — wölben sich halbkugelig nach aussen. Bald wird die Ausbauchung der freien Aussenfläche der Zelle durch eine Querwand vom ursprünglichen Zellraume geschieden. Die äussere, halbkugelige der neugebildeten Zellen ist die Anfangszelle einer Antheridie. In dieser Zelle tritt sofort, oder nach einmaliger, sehr selten mehrmaliger Theilung derselben durch Querwände, die Theilung durch eine geneigte Scheidewand auf. Die neugebildete Zelle zweiten Grades theilt sich sofort durch eine radiale Längswand. Nach einmaliger Wiederholung der Theilung der Scheitelzelle durch eine entgegengesetzt geneigte Wand erlischt das Längenwachsthum der Antheridie. Die zweite Zelle zweiten Grades wird ebenfalls durch eine radiale Wand in zwei Theilhälften von Form von Cylinderquadranten zerlegt. Jetzt theilt sich eine der Zellen dritten Grades durch eine der Längsachse des Organs parallele, die Seitenwände der Mutterzelle unter 45° schneidende Wandung. Die Antheridie stellt nun einen halbkugeligen Zellenkörper dar, bestehend aus einer vierseitigen centralen Zelle, gefüllt mit körnigem Schleime (XVII, 14), die getragen wird von einer cylindrischen, oder zwei halbcylindrischen Zellen; umhüllt von vier Zellen von Form von Cylinder-Abschnitten (XVII, 8, 9; drei derselben sind Zellen dritten, die vierte eine Zelle vierten Grades), und bedeckt von einer Zelle (ersten Grades) von Form eines Kugelabschnitts (XVII, 9). Zellenkerne, welche keiner der Zellen des Prothallium fehlen, sind besonders deutlich in denen der jungen Antheridie.

Die Zellen der Antheridie, welche die centrale umschliessen, vermehren sich nicht weiter. Die letztere aber verwandelt sich nach beträchtlicher Zunahme ihres Umfangs, in deren Folge die sie umhüllenden Zellen zur Tafelform abgeplattet werden, durch eine Reihenfolge von Zweitheilungen in eine kugelförmige Gruppe würfeliger Zellen (XVII, 10, 11). Durch das Wachsthum dieser Zellenmasse werden die Zellen der Hüllschicht mehr und mehr zu tafelförmigen ausgedehnt; bisweilen bis zum völligen Verschwinden ihres Lumens zusammengedrückt. Ihre Inhaltsflüssigkeit ist während der Vermehrung der centralen Zelle vollkommen wasserklar geworden.

In jeder der kleinen tessellaren Zellen des Innern der Antheridie entsteht, innerhalb eines linsenförmigen oder kugeligen Bläschens (XVII, 31) (wie es scheint, des primären Kerns der kleinen Zelle) ein in wenigen Windungen spiralig aufgerollter, platter Samenfaden.

Gegen die Reife der Antheridie hin verflüssigen sich die Wände der kleinen Zellen ihres In-

neren; die Samenfäden umschliessenden Bläschen liegen dann frei in wenig körnigem Schleime, von den sieben Hüllzellen umgeben. Tritt jetzt reichliche Feuchtigkeit an die Antheridie, so schwillt ihr Inhalt auf; die flach zusammengedrückte Zelle des Scheitels reisst in der Mitte sternförmig ein; die Bläschen welche Samenfäden enthalten, quellen aus den Spalten hervor. Sind die Spermatozoïden völlig ausgebildet und reif, so beginnen die Bläschen, in welchen sie enthalten sind, bald nach dem Hervortreten aus der Antheridie, im Wasser liegend eine drehende Bewegung. Ich überzeugte mich öfters, dass beim Eintritt derselben eines der Enden des Samenfadens (gewöhnlich das vordere, dickere, Wimpern tragende) aus einem Risse des Bläschens hervor getreten war. Plötzlich reisst das Bläschen weitklaffend auf; der Samenfaden wird frei und schiesst in schnellster Bewegung davon.

Das breitere vordere Ende des Samenfadens ist, wie schon oben erwähnt, seitlich stark abgeplattet; die Aussenseite der Schraubenwindungen desselben trägt zahlreiche zarte Wimpern, die während der Bewegung des Fadens lebhaft schwingen (XVII, 21, 22). Am entgegengesetzten Ende verjüngt sich der Samenfaden allmälig zu einer haarförmigen sehr langen Spitze. Häufig bleibt diese, in der ursprünglichen Aufrollung, in dem Bläschen stecken innerhalb dessen das Spermatozoïd entstand (XVII, 23). — Die Vorwärtsbewegung des Samenfadens ist stets von rascher Drehung um die Achse der Spirale begleitet, welche seine Windungen darstellen. *

Wenn das Prothallium die zweilappige, am Vorderrande tief eingekerbte Form angenommen hat, theilen sich die Zellen derjenigen Gegend desselben, welche unmittelbar hinter dem tiefen Einschnitte des Vorderrands liegt, durch der Fläche des Prothallium parallele Wände. Diese Theilung wiederholt sich zwei- bis dreimal je in den unteren der neu gebildeten Zellen. So entsteht auf der Unterseite des Prothallium ein flaches Kissen von Zellgewebe. Auf seinem hinteren Theile bilden sich fort und fort neue Antheridien; dem vorderen, dem Einschnitte des Prothallium angrenzenden entspriessen die Archegonien. **

Die Mutterzelle eines Archegonium unterscheidet sich von ihren chlorophyllreichen Nachbarinnen mit wässeriger Inhaltsflüssigkeit und kleinem linsenförmigen, der Zellwand angeschmiegten Zellenkern dadurch, dass feinkörniger Schleim ihren Innenraum erfüllt, in dessen Mitte ein scharf umgrenzter Zellenkern schwimmt (XVII, 2).

Dieser Zellenkern verschwindet; an seiner Stelle erscheinen zwei neue. Durch eine zwischen

---

* Die Angaben der Schriftsteller über Form der Samenfäden der Farrn, über Zahl, Beschaffenheit und Anheftung ihrer Wimpern sind zum Theil einander schroff widersprechend. Der Entdecker, *Nägeli*, erwähnt der Cilien nicht. *Lesczyc-Suminski* (zur Entwickelungsgeschichte der Farrnkräuter, Berlin 1848, 4°) schreibt dem keuligen Vorderende des Samenfadens von Pteris serrulata wenige starke Wimpern zu: ein Irrthum; die Samenfäden dieser Art gleichen in Gestalt und Beschaffenheit denen von Asplenium. *Schacht* (Linnaea Bd. XXII) hielt das Mutterbläschen des Samenfadens, welches oft von dessen peitschenförmigem Ende nachgeschleppt wird, für einen wesentlichen Theil desselben. Damit hängen die Abweichungen seines Ausdrucks von dem anderer Beobachter zusammen. Er nimmt jene Blase für das vordere Ende des Samenfadens; lässt somit das hintere, die engeren wimpertragenden Windungen bei der Bewegung vorausgehen. *Thurets* Angaben (Annales des sc. nat. III. Série T. 11) stimmen überein mit den Meinigen, nur dass *Thuret* des Schwanzes der Spermatozoïden nicht erwähnt.

** Zur Rechtfertigung der Anwendung einer bisher nur von den weiblichen Organen der Moose gebrauchten Bezeichnung auf die gleichen Organe der Farrn beziehe ich mich auf den letzten Abschnitt dieser Schrift, in welchem ich den Nachweis zu führen suche, dass die Frucht (Kapsel nebst Fruchtstiel) der Moose dem entspreche, was man bei den Farrn (im weitesten Sinne) schlechtweg die Pflanze zu nennen pflegt, dass das Prothallium der Farrn gleichwerthig sei dem Antheridien- und Archegonientragenden, oft vielverzweigten Stengel der Moose.

beiden auftretende, stark gegen die Fläche des Prothallium geneigte Wand theilt die Zelle sich in zwei Tochterzellen (XVII, 3). Die grössere beider wird durch eine jener Scheidewand aufgesetzte, entgegen gesetzt geneigte aufs neue getheilt. Die zweiflächig, nach Art eines Keils, zugespitzte Scheitelzelle des Archegonium theilt sich fortan noch sechs bis zehnmal durch wechselnd geneigte Wände (XVII, 6); damit endet das Längenwachsthum des Organs (XVII, 4, 18).

Die Zellen zweiten Grades theilen sich gleich nach ihrer Entstehung durch zur Längsachse des Archegonium radiale Wände (XVI, 14; XVII, 6b). Von den vier Längsreihen dreiseitiger Zellen, aus welchen dasselbe mit Ausnahme der Scheitelzelle demzufolge zusammen gesetzt ist, theilen sich entweder sämmtliche Zellen der einen durch der Achse parallele Wände in innere und äussere (XVII, 4, 5, 18); so dass das Archegonium aus einem centralen Zellstrange besteht, welcher von vier Längsreihen von Zellen umschlossen wird; — oder diese Theilung erfolgt nur in der untersten Zelle einer der vier Zellen (XVII, 6). Die rasch an Grösse zunehmende Mittelzelle des Grundes des Archegonium wird im zweiten Falle überragt von einer cylindrischen Säule mit zugerundetem Scheitel, aufgebaut aus Doppelpaaren dreiseitiger Zellen (XVI, 12). Beide Formen von Archegonien kommen bei derselben Art (Pteris serrulata) auf demselben Prothallium vor. Die erste entspricht der der Archegonien der Moose, die zweite der der Rhizocarpeen und Lycopodiaceen. Die Farrn bilden das verbindende Mittelglied zwischen diesen.

Die Zahl der Archegonien bleibt sehr zurück hinter der der Antheridien. Selten übersteigt sie 8.

Die Zellen des inneren Gewebes des Prothallium, welche der grossen Centralzelle der Basis des Archegonium angrenzen, verwandeln sich durch wiederholte Zweitheilungen mittelst auf den Grenzwänden senkrechter Wände in eine epitheliumähnliche Schicht kleinerer mit körnigem Schleime gefüllter Zellen (XVII, 1, 18). In der von ihr umgebenen Zelle entsteht um deren primären Kern eine zarte, sphärische Zelle (XVII, 4, 19). Diese ist die Mutterzelle der jungen Pflanze.

Während der Bildung dieser Zelle öffnete sich der Scheitel des Archegonium durch Auseinanderweichen seiner Zellen; es entstand ein auf die grosse Basalzelle desselben zu verlaufender, offener Canal. Er bildete sich, falls der obere cylindrische Theil des Archegonium von einem Längsstrange von Zellen durchzogen wurde (der bei weitem häufigere Fall), indem die Querwände sich verflüssigten, welche die einzelnen Zellen dieses Stranges von einander trennten. Der zusammen fliessende und gerinnende Inhalt der axilen Zellenreihe erscheint dann als wurmförmige Schleimmasse (XVI, 7). Bestand der obere Theil des Archegonium aus nur vier Längsreihen von Zellen, so entstand der Canal durch das Auseinandertreten der Berührungskanten derselben.

Die grosse Mehrzahl der Archegonien entwickelt sich nicht weiter. Die Zellenwände, welche dem den Halstheil durchziehenden Canale angrenzen, wie auch die grosse Zelle im Grunde des Archegonium nehmen die ins Purpurne spielende braune Farbe an, welche den absterbenden Zellenmembranen fast aller höherer Cryptogamen zukommt. Dies ist das Schicksal nicht allein aller Archegonien desselben Prothallium bis auf eines,* sondern die grosse Mehrzahl aller Prothallien schlägt gänzlich fehl, die Bildung einer jungen Pflanze unterbleibt völlig. Es ist nicht zu viel behauptet, dass kaum ein Zehntheil aller Prothallien es bis zur Entwickelung einer Wedel tragenden Pflanze bringt.

---

* Mit den seltensten Ausnahmen, von mir selbst bei sehr zahlreichen Untersuchungen nie beobachtet, dagegen von *Mercklin* an Ceratopteris thalictroïdes (Beobachtungen am Prothallium der Farrnkr. Petersburg 1850).

Es darf als ziemlich zweifellos betrachtet werden, dass es des Eindringens eines Samenfadens in den offenen Canal des Halses des Archegonium bedarf, um die von der Centralzelle desselben umschlossene sphärische Zelle zur Weiterentwickelung, zur Bildung einer wedeltragenden Pflanze zu veranlassen. *Sumiński** und *Mercklin*** sahen im Wasser des Objectträgers Spermatozoïden in den axilen Canal des Archegonium gelangen. Auch unter gewöhnlichen Verhältnissen ist den Samenfäden die Möglichkeit geboten, bis zur Mündung der Archegonien zu schwimmen. Auf der Unterseite des Polsters von Parenchym des Prothallium eines Farrn finden sich nach jedem Thau zahlreiche Wassertröpfchen. Häufig füllt Wasser den flachen Zwischenraum zwischen der unteren Fläche des Prothallium und dem Boden. Wenn in solchen Fällen bei grösserer Trockenheit des Standorts Luftblasen unter dem Prothallium auftreten, so wird dies durch den silbergrünen Schimmer bemerklich, welchen die Gewebtheile über ihnen zeigen.*** Die erste Andeutung der beginnenden Entwickelung einer wedeltragenden Pflanze in dem befruchteten Archegonium ist die wiederholte Theilung der Zellen, welche die grosse Basalzelle desselben umschliessen, durch auf der Wand jener Zelle verticale, wie auch durch ihr parallele Wände (XVII, 19). Die Ansatzstelle des befruchteten Archegonium erscheint dadurch bald von einer Gruppe kleiner Zellen umgeben; das Polster der Unterseite des Prothallium springt in diesem Punkte weiter nach unten vor (XVII, 15). Die obere Wand der vergrösserten Basalzelle des Archegonium bleibt dabei völlig unversehrt. Jetzt wandelt sich die sphärische Zelle, die in jener Zelle entstand, durch Theilung mittelst wechselnd geneigter Wände (XVI, 15), welche in der dem Halstheile des Archegonium abgewandten Scheitelzelle sich ein- bis zweimal wiederholt, und durch Theilung der Zellen zweiten Grades mittelst radialer Wände in einen kugeligen oder eyförmigen, wenigzelligen Körper um (XVI, 19$^{a\,b}$). Dieser lässt sich überaus leicht frei präpariren; wird der ihn umschliessende Hohlraum durch einen Schnitt geöffnet und das Präparat auf die Schnittfläche gelegt, so fällt jener Zellkörper, das Rudiment der jungen Pflanze, ohne weitere Nachhülfe heraus. Er steht in durchaus keinem organischen Zusammenhange mit den benachbarten Zellen des Prothallium.

Die der Oeffnung des Archegonium abgewandte Spitze des Rudiments der wedeltragenden Pflanze verbreitert sich beträchtlich; sie nimmt eine stark abgeplattete Gestalt an. Bei vielen Arten wölben ihre Zellen sich nach aussen (XVII, 20). Jetzt entsteht an der Seite der Anlage der neuen Pflanze, welche dem Einschnitte des Vorderrandes des Prothallium zugekehrt ist, der erste Wedel. Durch je in der oberen der neugebildeten Zellen sich stetig wiederholende Theilung einer der Zellen der Peripherie des eyförmigen Zellenkörpers mittelst wechselnd gegen die Fläche des Prothallium geneigter Wände entspriesst ihm ein konisches Wärzchen (XVI, 19). Die Regel der Zellenvermehrung desselben entspricht im Wesentlichen der der Endknospe des blättertragenden Stengels der Moose. Die Scheitelzelle ist zweiflächig zugeschärft. Die Zellen zweiten Grades theilen sich zunächst durch eine radiale Wand; die so

---

* Zur Entwickelungsgeschichte der Farrnkräuter. Berlin 1849.

** A. a. O.

*** Es ist ein Vorurtheil, wie es scheint gar mancher Phytotomen, in der Umgebung der jüngsten Organe Luft anzunehmen. Nichts kann irriger sein; die Zwischenräume zwischen Terminaltrieb und den jüngsten Appendiculärorganen aller Knospen, mit seltensten Ausnahmen, sind mit (gewöhnlich schleimiger) Flüssigkeit erfüllt; um ausser Blattknospen einige Beispiele zu nennen: junge Blüthenhüllen von Jungermannieen und Marchantieen, die Höhlen junger Fruchtknoten, das Innere junger Früchte von Rhizocarpeen.

entstehenden dreiseitigen Zellen durch der Tangente der Peripherie parallele Wände in innere und äussere. Die äusseren Zellen theilen sich darauf nach einer Theilung durch radiale Wände mittelst auf der freien Aussenwand senkrechter Querwände in obere und untere. Ein axiler Strang von Zellen des Wedels ist stets doppelt so hoch, als die Zellen der ihn umgebenden Schichten (XVII, 20). Er ist es, welcher sich später durch wiederholte Theilungen mittelst zur Achse radialer und ihr paralleler Wände zu dem einen Gefässbündel umwandelt, welches die Längsachse der ersten Wedel durchzieht. Durch wiederholte Theilung der Zellen des Umfangs mittelst der freien Aussenfläche paralleler Längswände, ab und zu wechselnd mit auf ihr senkrechten, wächst der Wedel in die Dicke.

Das Längenwachsthum des ersten Wedels ist sehr lebhaft. Er dehnt die ihn umschliessenden Zellen des Prothallium gewaltig aus. Endlich vermögen sie der Längszunahme des eingeschlossenen Pflänzchens nicht mehr zu folgen; die dasselbe umhüllende Zellschicht reisst querüber, sehr regelmässig etwas vor dem Ansatzpunkte des Halstheils des Archegonium (XVII, 20). Bei weiterer Zunahme seiner Länge krümmt die Spitze des ersten Wedels sich aufwärts; er tritt aus dem Einschnitte des Vorderrands des Prothallium hervor. Kurz vorher begann sein Scheitel sich stark zu verbreitern und die vier Lappen des Randes zu entwickeln, welche der erste Wedel der meisten Farrn zeigt, auch solcher, deren spätere Wedel vielfach getheilt erscheinen.*

Unmittelbar nach dem Hervorsprossen des ersten Wedels aus dem eyförmigen Rudiment der jungen Pflanze entsteht auf dessen entgegengesetzter Seite, nach dem unteren, ältesten Theile des Prothallium hin, die erste Wurzel, eine Adventivwurzel, in nichts verschieden von den späteren zahlreichen Nebenwurzeln der Pflanze (XVII, 20). Kein Farrn (im weitesten Sinne, mit Einschluss der Equisetaceen, Rhizocarpeen und Lycopodiaceen) besitzt eine ächte Hauptwurzel. Die Regel der Zellenvermehrung der Nebenwurzeln der Farrn entspricht im Wesentlichen der der Equisetaceen (XVII, 20, 43), auf deren Besprechung im nächsten Abschnitte dieser Schrift ich verweise.

Bei Weitem nicht alle Prothallien entwickeln Embryonen. Die Archegonien der grossen Mehrzahl bleiben unbefruchtet. Solche Prothallien sterben aber keinesweges ab; wenn ihnen die Grundbedingungen ihres Lebens, mässige Wärme, gemildertes Licht und reichliche Feuchtigkeit nicht entzogen werden, entwickeln sie mehrere Jahre lang sich fort. Im einfachsten Falle vergrössern die Seitenlappen des Prothallium sich sehr beträchtlich; sie greifen vor der Einkerbung des Vorderrandes weit übereinander. Das wuchernde Prothallium wird kreisrund; es erreicht einen Durchmesser, welcher den der Prothallien derselben Art, die junge Pflanzen erzeugten, um das Vier- bis Sechsfache übertrifft. Dies ist ganz die Regel bei fehlschlagenden Prothallien der Gymnogramme chrysophylla u. A. Das Polster der Unterseite wächst dabei in die Dicke und Länge (in die Länge durch wiederholte Theilung der Zellen, welche der tiefsten Stelle des Einschnittes des Vorderrands angrenzen, mittelst auf der Oberfläche des Prothallium senkrechter Wände). Dabei pflegt auf dem nach unten vorspringenden Kissen fleischigen Zellgewebes der Unterseite des Prothallium eine oft sehr grosse Zahl von Archegonien sich zu entwickeln, die mit seltensten Ausnahmen alle fehl schlagen (wahrscheinlich in Folge davon, dass jetzt nie mehr neue Antheridien auf dem hinteren, ältesten Theile desselben Prothallium entstehen). Die ersten solchen Archegonien besitzen die nämliche Gestalt, wie die

* Bei einigen Farrn ist der erste Wedel ungetheilt, eylanzettförmig: so bisweilen auch bei Polypod. vulgare, wo er indess nicht selten auch an der Spitze tief ungleich zweitheilig erscheint.

gleichzeitig mit den letzten Antheridien sich bildenden. Die später entstehenden aber entwickeln einen nur rudimentären, oder gar keinen Halstheil; die grössere Centralzelle und der auf sie zuführende schleimerfüllte Canal erscheinen der Unterseite des Prothallium eingesenkt (XVII, 24). Die Beobachtung solcher Archegonien, und der Vergleich derselben mit den weiter rückwärts stehenden, einen ausgebildeten Halstheil zeigenden älteren führten *Lesczyc-Sumiński*, und nach ihm *Mercklin* zu dem Trugschlusse, das Archegonium sei in der ersten Jugend ein auf der Unterseite des Prothallium ausmündender kurzer Canal; der Halstheil bilde sich durch wiederholte Theilung parallel der Fläche des Prothallium derjenigen Zellen, welche die Mündung jenes Canals umschlössen.

Die abortirenden Prothallien von Nothochlaena, Allosorus, Gymnogramme calomelanos zeigen häufig Sprossungen. Die Anordnung der Zellen des Prothallium der Farrn gleicht im Allgemeinen der der blattartigen Sprossen von Pellia, Riccia, Marchantia. Darnach sollte man vermuthen, bei Entstehung neuer Sprossen werde sich aus der tiefsten Stelle des Einschnitts des Vorderrands ein neuer Trieb erheben; in den Achseln, welche er mit den seitlichen Flügeln des Vorderrandes bildet, würden darauf neue Spressen entstehen. Dem ist aber nur selten so (XVI, 16). In der Regel wachsen mehrere einzelne Zellen des Saumes des Prothallium zu Adventivsprossen aus. Diese haben im Allgemeinen eine gestreckt–spatelige Gestalt. Die Lebhaftigkeit der Vermehrung ihrer Zellen in Richtung der Breite ist ausnehmend verschieden. Sehr schlank gebaute Adventivsprossen mit nur einzelliger Basis trennen sich häufig schon früh vom Prothallium welches sie erzeugte, durch Absterben und Auflösung der verbindenden Zellen. Sie stellen dann selbstständige, sehr schmale Prothallien dar (XVII, 35), die häufig sehr zahlreiche Antheridien tragen.

Ueberhaupt ist die Entwickelung sehr vieler Antheridien eine Eigenschaft, welche häufig den Prothalliensprossen der Farrnkräuter zukommt. Entweder sind sie völlig steril, oder wenn Antheridien sich finden, sind sie in zahlloser Menge vorhanden, dicht gedrängt, oft Hunderte auf demselben Spross. Einzig und allein die Antheridien solcher Sprossen zeigten mir den einfachen Bau, welchen *Lesczyc-Sumiński** und *Wigand*** den Antheridien aller Farrn zuschreiben. Sie bestehen aus einer einzigen Zelle, anstatt aus einer Centralzelle und einer Hüllschicht (XVII, 34). Nie sah ich Archegonien auf einem dieser Sprossen entstehen; es waltet bei ihnen entschieden die Neigung ob, nur männliche Fructificationsorgane zu erzeugen.

Eine besonders merkwürdige Erscheinung zeigen häufig im Winter alte fehlgeschlagene Prothallien von Gymnogramme chrysophylla. Es bilden sich, nahe ihrem hinteren Ende, eines oder mehrere eyförmige Knötchen von Zellgewebe, kleine (Hirsekorn bis erbsengrosse) Knollen aus engen Zellen zusammen gesetzt, welche dicht mit Stärkemehl und Oeltröpfchen erfüllt sind (XVI, $18^{a\,b}$). Frühere Zustände dieser Knöllchen haben eine weissliche oder gelbliche Farbe; später färbt ihre Aussenseite sich bräunlich durch Bildung zweier bis dreier Lagen von Korkzellen. Sind vielleicht diese wunderbaren Organe Brutknospen, bestimmt das Prothallium fortzupflanzen? —

Hat der erste Wedel einen bestimmten Grad der Längsentwickelung erreicht, so beginnt eine lebhafte Vermehrung der Zelle, welche der Ursprungsstelle des Wedels angrenzt; welche die tiefste Stelle der Einsenkung einnimmt zwischen dem ersten Wedel und der zur stumpfen Hervorragung umgebildeten,

* Zur Entwickelungsgeschichte der Farrnkräuter, S. 8.
** Berliner bot. Zeitung 1849, Spalte 22.

dem Halse des Archegonium abgewendeten Spitze des Embryo der wedeltragenden Pflanze. Durch je in der Scheitelzelle sich wiederholende Zweitheilungen mittelst wechselnd geneigter Wände, Theilung der Zellen zweiten Grades zunächst durch radiale, darauf durch der Tangente der Peripherie parallele Längs- und durch Querwände bildet sie sich um zu einer Zellenmasse von Form eines flachen, stumpfen Kegels: der Anlage zur Hauptachse der Pflanze. Bei Pteris, Asplenium erfolgt ihre Bildung erst spät, nachdem der erste Wedel seiner vollen Ausbildung nahe gekommen (XVII, 13); bei Polypodium vulgare und Thelypteris, wahrscheinlich im Allgemeinen bei Arten mit spitz kegelförmiger, weit vorgezogener Endknospe um Vieles früher.

Die kaum angelegte Hauptachse bildet durch die Vermehrung einer der Zellen ihres Umfangs sehr nahe unter der Spitze den zweiten Wedel (XVII, 13). Die Regel der Zellenvermehrung bei Entstehung des zweiten und der folgenden Wedel gleicht der des ersten (XVII, 12b). Bald erhebt sich, nahe unterhalb der Spitze der stetig sich fortentwickelnden Hauptachse der dritte Wedel; stets bleibt bei der ferneren Fortentwickelung die konische Endknospe der Hauptachse deutlich unterscheidbar; selbst bei solchen Arten, deren Hauptachse sehr wenig in die Länge entwickelt ist; z. B. Pteris serrulata; Asplenium Trichomanes, septentrionale.. Die Ansicht, der Stamm der Farrn sei ein Sympodium, entstanden dadurch dass aus dem vorletztgebildeten Wedel nahe über der Basis der letzte hervorsprosst, — eine Ansicht, welche noch neuerdings *Nägeli* zu vertheidigen sucht* — wird in Betreff der Polypodiaceen durch keine mir bekannte Thatsache unterstützt. Ihre Unanwendbarkeit auf eine grosse Zahl von Fällen tritt auf den ersten Blick hervor an Farrn, die wie Polypodium scandens, Niphobolus rupestris, chinensis, pertusus, Nephrolepis splendens u. s. w. weit rückwärts von der zolllangen, nur mit Spreublättern bekleideten Endknospe die ersten Wedel entwickeln. — Gleichzeitig mit der Entwickelung jedes neuen Wedels wird genau unter seiner Ursprungsstelle im Inneren der Hauptachse eine neue Adventivwurzel angelegt (XVII, 16), welche bei beginnender Längsdehnung der Basis des Wedels aus der Peripherie des Stammes hervorbricht.

Schon der erste Wedel bildet, vorzugsweise an seiner, der Mutterzelle der künftigen Hauptachse abgewendeten Aussenseite durch Auswachsen der freien Aussenwände der Zellen der Peripherie kurze, aufwärts gekrümmte Papillen (XVII, 20) sowohl am unteren stielförmigen Theile des Wedels, als an der flachen Ausbreitung der Spitze. Durch eine Querwand werden bald diese Papillen vom ursprünglichen Zellraume geschieden; durch wiederholte Quertheilungen verwandelt sich das haarähnliche Gebilde in eine Reihe kurzer cylindrischer Zellen, deren Endzelle knopfförmig anzuschwellen pflegt (XVII, 12, 13, 16). Aehnliche Organe entstehen später auch auf dem Umfange der Endknospe (XVII, 16). Der Bau der weiter aufwärts an der Pflanze hervorspriessenden wird immer zusammen gesetzter. Mehr und mehr Zellen des Grundes erscheinen durch Querwände getheilt. So geht, in schrittweiser Stufenfolge, die Gestalt dieser Bildungen aus der eines gegliederten Haares in die der Spreublättchen über, die auf ihren ersten Entwickelungsstufen denn auch völlig jenen kurzen Papillen, etwas später jenen mehrzelligen Haaren entsprechen.

Am klarsten zeigt sich die Entwickelung der Spreublättchen, wie auch das Verhältniss der Hauptachse zu den ihr entspriessenden Wedeln an der schlanken Endknospe von Niphobolus, Nephrolepis,

* Zeitschrift f. Botanik. H. 3 u. 4.

Polypodium scandens u. A. Die zweiflächig zugeschärfte Scheitelzelle des Stengelendes tritt auf Längsschnitten, wie bei Betrachtung der Knospenspitze von oben sehr deutlich hervor. Sie theilt sich dauernd durch wechselnd nach zwei Richtungen geneigte Wände (XVI, 20, 21, 27; XVII, 37). Die Zellen zweiten Grades werden sofort nach ihrer Bildung durch eine zur Längsachse des Stengels radiale Wand in zwei Längshälften zerlegt (XVI, 21, 27; XVII, 38, 39), deren jede durch eine der Stengelachse parallele, die Seitenwände der Zelle unter 45° schneidende Wand in eine innere und eine äussere sich theilt. Darauf entsteht in jeder der Zellen, welche aus der Vermehrung einer Zelle zweiten Grades hervorgingen, eine auf der Aussenfläche des Stengels rechtwinklige Querwand (XVI, 20; XVII, 38, 39); in den äusseren Zellen gewöhnlich früher als in den inneren. Das fernere Wachsthum des Stengels in die Dicke erfolgt durch Theilung der Zellen des Umfangs mittelst der Peripherie paralleler Wandungen, ab und zu wechselnd mit radialen. Nach einigen solchen Theilungen, bei Nephrolepis nach der ersten, bei Niphobolus nach der vierten bis sechsten, noch weit später bei den schlankstämmigen Arten von Polypodium theilen sich die Zellen des Umfanges durch auf der Längsachse des Stengels rechtwinklige Wände. Die Zellen eines die Stengelmitte durchziehenden, dünneren oder dickeren Längsstranges erscheinen in Folge davon doppelt höher, als die des Umfanges.

Ziemlich weit unterhalb der Scheitelzelle, acht Zellen von ihr abwärts gezählt, beginnt die Bildung der Spreublättchen durch die papillöse Auftreibung der freien Aussenwand einer Zelle des Umfangs (XVI, 20, 22). Die Ausbauchung wird bald durch eine Querwand vom ursprünglichen Zellraume geschieden. Das Auftreten einer neuen Querwand theilt darauf die seitlich bereits stark abgeplattete Zelle in eine obere und untere (XVI, 23). Wiederholte Quertheilungen, nicht allein der Scheitel- sondern auch der Gliederzellen (XVI, 23, 24) verwandelt die Anlage des Blattes in eine kurze Reihe niedriger Zellen mit elliptischer Grundfläche. Die Erscheinungen welche bei diesen Theilungen sichtbar werden, insbesondere die allmälige Auflösung des primären Kerns der in Theilung begriffenen Zelle und das Auftreten zweier neuer Kerne an seiner Stelle, gleichen vollkommen denen, welche bei Vermehrung der Zellen von Haaren der Phanerogamen hervortreten (XVI, 23).*

Jetzt theilen sich die Zellen des unteren Theiles des jungen Blatts durch Längswände (senkrecht auf der Blattfläche, gleich den Wänden ziemlich aller an Bildung der Spreublätter der Farrn Antheil nehmenden Zellen), welche mit dem Medianus des Blatts zusammenfallen. Diese Theilung schreitet vom Grunde des Blattes gegen dessen Spitze hin vor, bei Niphobolus rupestris bis etwa zur sechsten, bei Nephrolepis splendens bis zur dritten Zelle von der Blattspitze rückwärts gezählt. Die obersten Zellen des Blatts, diejenigen in welche hinein jene Theilung sich nicht erstreckt, dehnen sich jetzt beträchtlich in die Länge; die Scheitelzelle beginnt, die übrigen folgen schrittweise (XVI, 25). Durch Verdickung ihrer Wände, durch Klarwerden ihres Inhalts geben diese Zellen zu erkennen, dass ihre Vermehrung endete. Eine zum Theil sehr beträchtliche Vermehrung erfolgt dagegen in den übrigen Zellen des Blatts. Am stärksten ist sie in denen der Blattbasis: hier wiederholen sich am öftersten die Theilungen durch zur Längslinie des Blatts rechtwinklige Wände, wechselnd mit solchen ihr parallelen (XVI, 26; XVII, 41, 42). Gegen die Spitze des Blattes hin nimmt die Lebhaftigkeit der Zellenvermehrung stetig ab; die Zellen der oberen Blatthälfte enden am frühesten ihre Theilungen, strecken sich am Zeitigsten und am

* Seite 7 meiner Schrift: die Entstehung des Embryo der Phanerogamen, Leipzig 1849.

stärksten in die Länge. — Die Theilung der Zellen des Blattes mittelst der Längslinie desselben paralleler Wände pflegt ungleichseitig zu sein; sie wiederholt sich öfter und reicht näher gegen die Blattspitze in der einen Längshälfte des Blattes (XVII, 41, 42).

Bei der allmäligen Verbreiterung der Blattbasis verwachsen deren Zellen (bei Niphobolus rupestris, chinensis, Nephrolepis splendens, Polypodium aureum) nicht mit denen des Stengelumfangs welche sie berühren. Die Anheftungsstelle des Blattes verbreitert sich nicht, besteht auch am völlig ausgebildeten Blatte aus nur zwei Zellen (der durch eine Längswand getheilten untersten Zelle des als einfache Zellreihe auftretenden Blattrudiments). Die Zellen des freien Rands der Blattbasis vermehren sich bei vielen Arten (z. B. Niphobolus rupestris, Polypodium aureum) lebhaft durch Theilung mittelst der Tangente des Umfangs paralleler Wände; die der Anheftungsstelle des Blatts und der Ecke der Seitenränder angrenzenden schwächer als die zwischen ihnen. Der Grund des Blattes wird dadurch herzförmig. Die Zellen der Anheftungsstelle, oft auch die ihr benachbarten, theilen sich beim Herannahen der vollen Ausbildung des Blattes auch durch der Blattfläche parallele Wände (XVI, 20). Die Zellen der Seitenränder des Blattes wachsen häufig zu zierlichen, meist hakig rückwärts gekrümmten Zähnchen aus.

Solcher Spreublätter, welche alle die hier geschilderten Stufen der Entwickelung durchlaufen, finden sich nicht allein an der Hauptachse der Pflanze, sondern auch, wie bekannt, am unteren Theile der Wedel. Bei der grossen Mehrzahl der Farrn zeigen die Wedelbasen mindestens in der Jugend Spreublättchen. Die Stellung der Spreublätter ist an den Hauptachsen wie an den Wedeln eine nach strengen Regeln geordnete.* Nur dadurch wird sie an den Wedeln häufig unkenntlich, dass nach der letzten bedeutenden Längsstreckung der Wedelstiele einzelne Spreublättchen regellos viel früher als benachbarte abfallen.

Ziemlich weit rückwärts von der Scheitelzelle der Endknospe, nahe der Stelle an welcher die Spreublättchen der Hauptachse die Vollzahl ihrer Zellen erreichen, zeigen sich die Anlagen der jüngsten Wedel von Niphobolus, Nephrolepis, Lomaria Mayeri, Polypodium aureum, brevipes und den Verwandten: flache stumpfe Hervorragungen, aus wenigen Zellen zusammengesetzt, deren Anordnung, wie auch die nächste Weiterentwickelung der Wedel, völlig der der Endknospe entspricht (XVI, 20). Bei den zwei letztgenannten Arten von Polypodium erscheinen die eben hervorspriessenden Wedel-Anlagen, gleich dem Scheitel der Endknospe, als stumpf kegelförmige Erhebungen in Mitten einer ringförmigen Vertiefung; die Zunahme in die Dicke der Hauptachse und der Wedel ist unterhalb einer bestimmten Stelle des Vegetationspunktes eben so plötzlich als stark.

Die vorstehenden Angaben über die Entwickelungsgeschichte der Spreublätter der Farrnkräuter zeigen, dass sie in noch zahlreicheren Beziehungen den Blättern der Phanerogamen entsprechen, als die Blätter irgend eines Laub- oder Lebermooses. Die Blätter der nächsten Verwandten der Farrnkräuter, der Equisetaceen, sind kaum stärker entwickelt, als die Spreublätter der Farrn. Die Blätter der Lycopodiaceen, insbesondere die von Selaginella, zeigen in Entwickelung und Gestalt die schlagendste Uebereinstimmung mit ihnen. Dass die Spreublätter der Farrn als ächte Blätter zu betrachten seien, ist

---

* Bei Niphobolus chinensis z. B. an der Hauptachse und an den Wedeln nach $\frac{5}{13}$. Sehr schön tritt an dem niederliegenden Stamme des Polypodium aureum die Regelmässigkeit der Blattstellung an den Grübchen hervor, deren eines jede Anheftungsstelle eines Spreublatts nach Abstreifung der Blättchen bezeichnet.

für mich ausser Zweifel. Daraus folgt aber nothwendig, dass ich die Wedel der Farrn nicht für Blätter halten kann. So wenige positive Erkennungsmittel eines Blattes die Botanik auch zur Zeit besitzt: ein negatives Kennzeichen steht fest als Grundlage der gesammten Morphologie: ein Organ welches Blätter erzeugt, kann nicht selbst ein Blatt sein. So muss ich denn, im Widerspruch mit dem beinahe einstimmigen Ausspruche der bedeutendsten Botaniker der Gegenwart, die Wedel der Farrn für Zweige mit begrenztem Längenwachsthum* halten, die begabt sind mit einer oft sehr ausgeprägten Neigung zur blattartigen Entwickelung vorwiegend in die Fläche. Ich möchte sie den Seitenzweigen der Nadelhölzer vergleichen. Wie bei jenen entsteht auch bei den Farrn statt in jeder Blattachsel erst nach einer Reihe von Blattumläufen ein neuer Zweig; wie bei den Farrn ist auch bei den Coniferen die Zahl, welche die Stellungsverhältnisse der Zweige bezeichnet, stets weit niedriger, als die welche die Blattstellung ausdrückt; die Längsentwickelung der Seitenzweige der Nadelhölzer ist gleich der der Farrn häufig begrenzt, wenn auch nicht in so schroffer Weise, wie in der Regel bei den Farrnkräutern.** Die Art, in welcher die oft so vielfache Theilung des Farrnwedels angelegt wird, weicht, in vielen Fällen wenigstens, von der Entwickelung zusammengesetzter Blätter von Phanerogamen sehr wesentlich ab. Die seitlichen Fiederlappen des Wedels entstehen bei Polypodium vulgare, Asplenium sp. nicht durch Sprossungen aus dem Seitenrande des Wedels unterhalb der Spitze, sondern durch dauernde Gabeltheilung der Wedelspitze selbst: je die rechte oder die linke Sprossung wechselnd entwickelt sich stärker als die andere, drängt die schwächer wachsende zur Seite und rückt so in die Richtung der Längslinie des Wedels; sie gabelt sich bald aufs Neue an der Spitze, während die andere in der Längsentwickelung inne hält. — Besonders deutlich ausgeprägt finde ich die Zweignatur der Wedel von Botrychium Lunaria. Bekanntlich umschliesst die Basis des gemeinschaftlichen Stiels des fruchtbaren und unfruchtbaren Wedels, welche im Mai über den Boden sich erheben, den zur Entfaltung im nächsten Jahre bestimmten, in den einzelnen Theilen bereits ziemlich ausgebildeten Spross. Die verwachsenen Ränder der Anheftungsstelle desselben umhüllen den fürs zweitnächste Jahr bestimmten Spross: eine stumpf kegelförmige, nach oben stark verjüngte Zellenmasse, welche unterhalb der fortwachsenden Spitze die Anlagen der ersten (untersten) Wedelfiedern zeigt, und seitlich einen schlanken Zweig entsendet; dieser letztere ist das Rudiment des fruchttragenden Wedels. Dem Grunde dieses Sprosses eingesenkt findet sich endlich eine halbkugelige Zellenmasse: der Anfang des Sprosses fürs drittnächste Jahr (XVI, 28). Diese unentwickelte

* Es ist ein völlig unausführbares Vorhaben, Blatt und Stengel darnach unterscheiden zu wollen, dass dem letzteren unbegrenztes Wachsthum zukomme, den ersteren begrenztes. Abgesehen davon, dass in ganzen Pflanzenfamilien das Auftreten von Zweigen mit begrenzter Längsentwickelung zu den characteristischen Eigenthümlichkeiten gehört (z. B. alle Fälle unächter Gabelung, wie Viscum, Marchantieen, Riccieen, Pellia; Enwickelung von Seitenzweigen nicht über einen gewissen Punkt: viele Coniferen, am auffälligsten Taxodium) ist die Entwickelung jedes bluthetragenden Stengelglieds begrenzt. Vereinzelte abnorme Fälle, die Durchwachsungen von Bluthen können dagegen nicht als Beweise aufgeführt werden; ausnahmsweise sind auch Blätter der Weiterentwickelung fähig.

** Vergleiche übrigens die Zusammenstellung hieher gehöriger, zu Gunsten meiner Ansicht sprechender Beobachtungen in der Schrift *A. Braun's* (welcher die Wedel der Farrn für Blätter erklärt): Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur (Programm der Freiburger Universität zum 29. August 1849, Freiburg 1850, S. 123. Nach den Untersuchungen des ersten der lebenden Pteridologen sind die bekannten zierlichen Blättchen an der Basis der Wedel der Hemitelia capensis (welche irriger Weise als ein Hymenophyllum beschrieben worden sind), directe Umwandlungen von Spreublättern.

Knospe krönt nicht den Scheitel des unterirdischen holzigen Stammes, sondern steht stark excentrisch. Ich halte den schief aufwärts gerichteten Stamm von Botrychium für ein Sympodium, für ein Aggregat der Basalstücke der Sprossen, deren in jedem Jahre einer sich entwickelt. — Eine nicht schwache Stütze meiner Ansicht ist endlich die Verzweigung der grossen Mehrzahl der Arten von Selaginella, deren Blätter nach $2\frac{1}{2}$ stehen. Ich komme später darauf zurück.

Bei Anerkennung der Richtigkeit meiner Auffassung würde freilich der Ausspruch unhaltbar, dass bei den höheren Cryptogamen die Fructification (die Stellung der Sporangien) immer deutlicher an die Blätter geknüpft erscheine, je höher die Organisation im Allgemeinen aufsteige. Auf die nächsten Verwandten der Farrnkräuter lässt aber diese Deutung der Organe sich nur höchst schwierig oder gar nicht anwenden. Bei den Lycopodiaceen zeigt die Entwickelung der Sporangien unwiderleglich, dass sie selbstständige Sprossungen der Achse, nicht etwa umgewandelte Theile eines Blattes seien. Die Stellung der Sporangien der Rhizocarpeen, die kaum irgendwelche Vergleichungspunkte mit der der Farrnkräuter darbietet, ähnelt dafür um so mehr der der Eychen einiger Familien der Phanerogamen.*

EQUISETACEEN.

(Equisetum arvense, pratense, variegatum, hyemale, palustre, limosum.

Tafel XVIII, XIX, XX.

Das entwickelungsfähige Stengelende jedes Schafthalmsprosses — eine stumpf kegelförmige Zellgewebsmasse — überragt beträchtlich die Ursprungsstelle des jüngsten Blattes. Dieses umschliesst die Endknospe als ringförmige, gleichhohe Wulst. Dicht unter ihm, eng an einander gedrängt, stehen die nächstjungen Blätter, deren obere Ränder bereits die ersten Andeutungen der spitzen Lappen zeigen, in die nach oben die Scheiden auslaufen, welche die Basis jedes Stengelglieds umfassen (XVIII, 1, 7; XIX, 4, 5, 8, 9.

Das Längenwachsthum des Stengels erfolgt mittelst stetig sich wiederholender Theilung der grossen Scheitelzelle der Endknospe durch wechselnd nach rechts und links geneigte Scheidewände (XVIII, 1, 4, 7; XIX, 1, 3, 7). Die so entstehenden Zellen zweiten Grades theilen sich sofort durch eine radiale Längswand (XIX, 3, 7); jede der Theilhälften kurz darauf durch eine, die Seitenwände der im Grundriss dreieckigen Zelle unter 45° schneidende, senkrechte Wand in eine innere dreiseitige und eine äussere vierseitige Zelle. Beide werden durch eine Querwand getheilt; die äussere gewöhnlich früher als die innere. In jener ist diese Wand der oberen und unteren Fläche der Zelle parallel; in dieser in der Regel horizontal, rechtwinklig zur Längsachse des Sprosses (XVIII, 1, 4, 7; XIX, 1). Fortan wächst der Stengel in die Dicke durch wiederholte Theilung der Zellen des Umfanges mittelst der freien Aussenwand paralleler Wände. An sehr kräftigen Sprossen, den Herbsttrieben des E. limosum z. B., erfolgt die gleiche Theilung zu mehreren Malen in den Zellen auch der nächstinneren Schicht (XIX, 1). An solchen Knospen pflegen die Zellen des Umfangs nahe über der Ursprungsstelle des jüngsten Blattes noch einmal durch Querwände sich zu theilen. — Während der Zunahme des Stengelendes in die Dicke mehrt sich stetig die

* Vergleiche die drei nächsten Abschnitte dieser Schrift.

Zahl der Zellen seines Umfangs durch Theilung dieser Zellen mittelst zur Längsachse des Sprosses radialer Wände. Zu Anfang, im obersten Theile der konischen Zellenmasse, wechselt diese Theilung sehr regelmässig mit der durch der Aussenwand der Zellen parallele Längswände (XIX, 6, 28); weiter abwärts, wo der Stengel dicker wird, pflegt immer erst nach mehreren Theilungen durch der Stengelachse parallele Wände eine durch eine radiale Wand zu erfolgen. — Die Masse des Stengelendes oberhalb des jüngsten Blatts, die Zahl der Zellen seiner Längsachse und seines Umfangs, ist bei den verschiedenen Arten wie bei den Sprossen derselben Pflanze sehr verschieden; je nach der Kräftigkeit der Triebe.

Durch den frühen Eintritt der Quertheilung der aus Vermehrung einer Zelle zweiten Grades hervorgegangenen Zellen wird zeitig das leiterartige Ineinandergreifen der Zellen beider Längshälften des Stengels ausgeglichen. In den Fällen, in welchen diese Theilung sich nicht bis in die Zellen fortsetzt, welche der Stengelachse angrenzen, erfolgt sie doch mindestens einmal in denen des Umfangs. An der Stengeloberfläche lassen sich dem zu Folge höchst regelmässige Kreisgürtel von Zellen unterscheiden. In bestimmter Entfernung vom Scheitel der Endknospe theilen sich sämmtliche in gleicher Höhe stehende äussere Zellen derselben (ein das Stengelende umschliessender Gürtel), gleichzeitig durch eine gegen den Horizont geneigte Wand (XIX, 2^b). In der äusseren (oberen) der so entstandenen zwei Zellen erfolgt eine Theilung durch eine entgegengesetzt geneigte Wandung. So erhebt sich, die Terminalknospe umfassend, etwas unter ihrer Spitze ein ringförmiger, allseitig gleichhoher Wall: die erste Anlage des jüngsten Blattes. Sämmtliche Zellen des freien Oberrandes desselben fahren fort, durch wechselnd geneigte Scheidewände sich zu theilen (XVIII, 1, 7; XIX, 1). Das Blatt wächst zunächst als cylindrische, gleichhohe Scheide empor, die Endknospe umschliessend (XIX, 4, 8).

Die Ursprungsstelle des jüngsten Blatts, der Gürtel seiner Mutterzellen, befindet sich dicht über der Ansatzstelle des nächstjungen Blattes. Das Blatt beginnt sehr bald nach seiner Entstehung in die Dicke zu wachsen, indem die Zellen seiner Basis, ausschliesslich die der unteren Fläche (XVIII, 1, 7; XIX, 1), durch dieser Fläche parallele Wände sich wiederholt theilen. Es schreitet diese Zellenvermehrung von der Basis des Blatts langsam nach dessen Spitze hin vor, weit unter derselben endlich erlöschend. Die äusseren (unteren) der so entstehenden Zellen werden wiederholt durch Querwände (der idealen Längsachse des Blatts parallele Wände) getheilt; um so öfter, zu je stärkerer Entwickelung der betreffende Spross bestimmt ist. Das beträchtliche Ueberwiegen der Zellenzahl der unteren Blattfläche über die der oberen biegt den freien oberen Rand des Blatts nach Innen. Die starke Vermehrung des unteren Theiles der äusseren Blattfläche wandelt bald die Blattbasis zu zahlreichen, der Längsachse des Sprosses parallelen, den äusseren Umfang des Stengels darstellenden Zellschichten um (XVIII, 1; XIX, 1). Auf der Vermehrung dieser, aus der Entwickelung des Basilartheils der Blattanlage hervorgegangenen Zellenmasse in die Länge und Breite beruht ausschliesslich die fernere Längen- und Dicke-Zunahme der Stengelglieder. Der unmittelbar aus der Endknospe hervorgegangene centrale Zellcylinder des Stengels wird ganz und gar zum Marke.* Durch Längstheilung radial zur Stengelachse der Zellen des Blattes, sowohl derer des unteren, die äussere Schicht des Stengels darstellenden Theils als des freien scheidenförmigen oberen, wächst währenddem fortwährend die Zahl der Zellen des Umfanges des Stengelglieds und des hohlcylindrischen Blattes.

---

* Vom entgegengesetzten Standpunkte, der vergleichenden Betrachtung fertiger Entwickelungsstufen ausgehend, kommt *Spring* zum gleichen Resultate für grosse Abtheilungen des Pflanzenreiches (Monographie des Lycopodiacées, extraite des Mémoires de l'académie royale de Belgique; Bruxelles 1849, im Anhange).

Bald nach Entstehung des Blattes tritt eine Ungleichheit der Lebhaftigkeit des Wachsthums seines freien oberen Randes hervor. Zunächst an vier Punkten desselben eilt eine Zelle allen übrigen in der Theilung durch wechselnd der Längsachse des Stengels zu- und abgewendete Scheidewände um einen Schritt voraus (XIX, 11). Ihre Nachbarzellen rechts und links folgen um einen Schritt später; die diesen nächstbenachbarten bleiben noch einen Schritt weiter zurück. So entstehen vier, zu zwei und zwei einander opponirte, dem oberen Rande des scheidenförmigen Blatts aufgesetzte kurze stumpfe Spitzen (XIX, 9, 18). Die Vermehrung der Zellen des Umfanges des freien oberen Blattrandes erfolgt ausschliesslich dadurch, dass die Scheitelzellen dieser Spitzen ab und zu durch Längswände sich theilen (XIX, 10, 12).* Diese auf bestimmter Ausbildungsstufe des Blatts öfters sich wiederholende Theilung der Scheitelzellen der Blattzipfel durch (zum Umkreis der Blattscheide) radiale Wände verbreitert die Blattzipfel mehr und mehr. Bald zeigt die verbreiterte Spitze derselben die erste Andeutung einer rasch vorschreitenden Gabelung (XIX, 5, 11). So wächst mit dem Alter des Blatts die Zahl der Zähne seines Randes, bei starken Trieben des Eq. limosum mit grosser Regelmässigkeit nach der Progression 1 . . 4 . . 7 . . 8 . . 9 . . 10 . . 11 u. s. w. bis zu 20 (XIX, 4, 5). Am vierten bis fünften Blatte (vom obersten jüngsten rückwärts gezählt) tritt plötzlich eine sehr beträchtliche Längsdehnung der Zellen der Spitzen der Blattzipfel ein. Noch nach Beginn derselben dauert die Vermehrung der Zellen der Blattbasis in Richtung der Länge, durch zur Achse des Stengels senkrechte Scheidewände, einige Zeit fort.

Das Verhältniss der äusseren, aus der Entwickelung der Aussenseite des Grundes der Blattanlage hervorgegangenen Zellenschichten des Stengels zum centralen, unmittelbar den Zellen des freien Theils der Terminalknospe entsprechenden Markcylinder ist an den verschiedenen Formen von Sprossen ein sehr verschiedenes. Bei den wenigen starken Sprossen, welche die im Boden verborgenen Internodien von Eq. palustre und pratense, noch schärfer ausgeprägt die von Eq. limosum und Eq. hyemale im Herbste zu entwickeln pflegen, tritt der Unterschied zwischen Mark und äusserer Schicht des Stengels schon sehr früh hervor, indem die Zellen der letzteren bereits in den jüngsten Stengelgliedern sich noch oft wiederholt in Richtung der Länge theilen, während die Vermehrung der Markzellen völlig stille steht (XIX, 2); dagegen tritt diese Sonderung verhältnissmässig spät ein und ist bei weitem nicht so in die Augen fallend bei den schmächtigen Sprossen, welche aus den Basen der hoch am Stengel stehenden Blätter hervorbrechen, namentlich an den dünnen Sprossen zweiter bis vierter Ordnung von Eq. pratense, arvense, limosum, aber auch an den Sprossen erster Ordnung von Eq. variegatum. So betrug in Richtung der Länge die Zahl der Zellen des Marks (a) und die der äusseren Schichten (b)

	Im I. Internodium.		im II.		im III.		im IV.		im V.		im VI.		im XII.	
	a.	b.	a.	b.	a.	b.	a.	b.	a.	b.	a.	b.	a.	b.
Bei Equisetum palustre (kräftiger Spross).	4	4	4	4	4	7	4	8	4	8				
Dieselbe Art, sehr zarter Spross. . .	4	5	4	5	7	9	9	12**						
Eq. limosum (Ende Mai gebildeter Spross).	4	4	8	8	8	10	8	17						

* Diese Art des Wachsthums der Blattzipfel erinnert sehr an die der Sprossen von Riccia u. A., vergleiche Seite 44.

** Die der Epidermis 14. Dieses vierte Internodium zeigte bereits die ersten Andeutungen der Ringgefässe: in jeder der Zellen einer dem Marke angrenzenden Längsreihe 5—6 Ringe (XIX, 26).

	Im I. Internodium.		m II.		im III.		im IV.		im V.		im VI.		im XII.	
	a.	b.	a.	b.	a.	b.	a.	b.	a.	b.	a.	b.	a.	b.
Eq. limosum; kräftiger Herbsttrieb . .	4	4	4	6	4	7	4	7	4	10	4	10	8	13*
Eq. pratense (kräftiger Herbsttrieb) . .	4	4	4	6	4	6	4	7	4	7				
Eq. variegatum, zarter Trieb	3	3	7	7	7	7	7	13						
Die Zahl der Zellen des Querdurchmessers betrug bei einem kräftigen Herbsttriebe des E. limosum	22		32		40		48		58					
Einem schwachen Triebe von E. variegat.	5		8		9		12		12		12			

Dem ersten Blick scheint diese Zusammenstellung völlig ungünstig dem so allgemein anerkannten Ausspruche, dass Stengelorgane nur an der Spitze ihre Zellen in Richtung der Länge vermehren. In seiner Allgemeinheit ist dieser Satz denn auch unhaltbar; einer scharf durchgreifenden Anwendung nicht fähig. So weit die Beobachtungen reichen, giebt es von den Moosen aufwärts keine Pflanze, deren Stengel ausschliesslich durch Theilung der Endzelle seine Zellen in Richtung der Länge vermehrt. Ueberall hat die Theilung der Tochterzellen der Zellen zweiten Grades durch zur Längsachse rechtwinklige Wände wesentlichen Antheil am Längenwachsthum. — Bei genauerer Betrachtung wird indessen die vorstehende Tabelle erkennen lassen, dass vorwiegend den Blättern die Neigung zukomme, die Zellen ihrer schon vor längerer Zeit angelegten Theile noch zu vermehren. Es sind nur die Zellen der Rindenschicht (welche wie meine Abbildungen XVIII, 1; XIX, 1 unzweifelhaft nachweisen, aus der Vermehrung von Zellen der Blattanlage hervorgeht), die jene lang andauernde, in manchen Fällen bis über das zwölfte Internodium herabreichende Längsvermehrung zeigen. In den Zellen des Markes erfolgt nur einmalige Quertheilung. Dass vorzugsweise die unmittelbarere Einwirkung der äusseren Luft auf das Gewebe des sich entwickelnden Stengels die Zellen zur Quertheilung anrege, darf vielleicht daraus geschlossen werden, dass die Dicke des Sprosses in so deutlichem Zusammenhange steht mit der Zeit des Eintritts der Quertheilung der Markzellen.

Mit der Längsdehnung des jungen Stengelglieds, mit seinem Hervortreten an die freie Luft und der Bildung zahlreicher Chlorophyllkörperchen in den Zellen seines Umfangs gleichzeitig erfolgt die Bildung seiner Oberhaut. Sämmtliche Zellen der Aussenfläche theilen sich zweimal durch Quer-, darauf durch Längswände, endlich durch Wände welche der Aussenfläche parallel sind. So entsteht eine den Umfang des Stengels einnehmende Doppelschicht von Zellen, die $1/8$ so gross und achtmal so zahlreich sind, als die der nächstinneren Schicht. Die äussersten wandeln sich zur Epidermis um; je die zweite Zelle der Oberhaut überirdischer Sprossen wird zur Mutterzelle zweier Spaltöffnungszellen; diese sowohl, als die tafelförmigen Zellen der Epidermis zeigen auf der Aussenfläche sehr regelmässige, von allen Theilen des Schafthalmstengels vorzugsweise mit Kieselerde durchdrungene Vorsprünge, deren Form für jede Art feststeht (XVIII, 2).

---

* Erst im 15. Internodium zeigte sich eine Spur von Ringgefässen.

Kurze Zeit vor der Bildung der Epidermis erfolgt der Beginn der Differenzirung der Gefässbündel vom umgebenden Gewebe. — Der erste Anfang desselben ist das Auftreten von Ringfasern in einer senkrechten Reihe von Zellen — fünf bis sechs Ringfasern entstehen in jeder Zelle (XIX, 26) — deren Lage einem der Zipfel des nächstoberen Blattes genau entspricht. Eine durch den Medianus des Blattzipfels gelegte Ebene schneidet auch den Strang von Zellen des das Blatt tragenden Stengelglieds, in deren jeder Ringfasern sich bilden. Sehr bald werden die horizontalen Wände resorbirt, welche die einzelnen Ringfasern führenden Zellen von einander trennen; es entsteht ein Kreis die ganze Länge des Stengelglieds durchstreichender Ringgefässe. Mit dem Eintritt der Continuität des Gefässes beginnt in den vor (nach Aussen) und seitlich gelegenen Nachbarzellen desselben eine Vermehrung durch senkrechte, wechselnd radial und der Peripherie des Stengels parallel gestellte Wände (XVIII, 1). So bildet sich ein dicker Strang von Cambialzellen, in welchem bald auf ähnliche Weise noch mehrere Ringgefässe (mit weit engeren Ringen), viel später auch Spiralgefässe sich bilden, und der im entwickelten Internodium ein geschlossenes Gefässbündel darstellt.

Die Zipfel jedes Blatts, und die in der Lage ihnen entsprechenden Gefässbündel jedes Stengelglieds alterniren mit denen des nächst unteren. Bald nach der ersten Sonderung des zu der Zeit noch als Strang von Cambialzellen, der an seiner Innenseite nur ein einziges Ringgefäss zeigt, erscheinenden Gefässbündels vom umgebenden Gewebe des Stengels bilden sich, von dessen Basis zu den beiden benachbarten des nächstunteren Stengelglieds hin, die Zellen des Knotens zu kurzen, rosenkranzförmig an einander gereihten Spiralfaserzellen um; seitwärts und nach aussen von diesen Strängen von Spiroïden verwandeln sich die angrenzenden Zellen zu einer dünnen Schicht Cambialzellen, welche später auch in die Gefässbildung eingehen.

Die Umbildung eines Zellstranges zum Gefässbündel setzt sich, nachdem das Gefässbündel des Stengels angelegt ist, in den entsprechenden Blattzipfel hinein fort, den Medianus desselben der Länge nach durchstreichend. Die ersten im Blatte auftretenden Gefässe sind langgestreckte enge Spiralgefässe. Die Gefässbündel des Blatts erlangen nur eine geringe Dicke.

Es ist, je nach der Ueppigkeit des Sprosses, nach der Zahl seiner Zellen in die Dicke, in hohem Grade verschieden, wie weit vom Mittelpunkte des Stengels die Bildung von Gefässbündeln eintritt, — mit anderen Worten, welche Masse und Zellenzahl das Mark erreicht, und wie hoch die Zahl der Blattzipfel und die ihnen gleiche der Gefässbündel des das Blatt tragenden Internodium steigt. An dünnen Sprossen von Eq. variegatum, palustre ist die Zahl der Zellen des Markes in dessen Querdurchmesser nur 6; an kräftigen Trieben des Eq. limosum 40. Nicht minder mannigfaltig erscheint die Zahl der Blattzipfel und Gefässbündel: an Hauptsprossen von E. variegatum 7, von E. palustre 7 — 10, von E. pratense 10; von E. limosum 10 — 20. Die schlagendsten Unterschiede in dieser Beziehung finden sich schon an den Achsen verschiedener Ordnung ein und desselben Sprosses.

Die Zellen des Marks aller einheimischen Arten von Equisetum treten sehr bald aus dem innigen Verbande. In den zahlreichen Intercellularräumen tritt Luft auf. Bald vermögen die Zellen des Marks durch ihre Längsdehnung dem Längenwachsthum des peripherischen Theiles des Stengels nicht mehr zu folgen. Aller Zusammenhang zwischen den Markzellen wird aufgehoben, sie werden aus einander gezerrt, verschrumpfen und verschwinden in kurzer Zeit völlig, mit Ausnahme einer Platte (einer Doppellage von Zellen) in jedem Knoten, die so lange dauert, als der Stengel selbst. Es entsteht so in

jedem Stengelglied eine centrale Markhöhle, von Luft erfüllt, mit glatten Seitenwänden, von den Resten der Zellen des Marks rauhem Boden und Decke. In ganz gleicher Weise, durch Sonderung eines Stranges von Zellen vom Nachbargewebe, frühes Aufhören der Vermehrung in diesen Zellen, Austrocknen und Verschrumpfen derselben bildet sich bei E. limosum u. A. eine Luftlücke vor jedem Gefässbündel; endlich durch Absterben des centralen Theils jedes Gefässbündels eine enge Luftlücke innerhalb jedes derselben.

Niemals verzweigt sich die Endknospe des Schafthalmstengels. Es dürfte kaum eine andere Pflanzengruppe mit so ausschliesslichem, scharf ausgeprägtem Spitzenwachsthum geben. Die Verästelung erfolgt ausschliesslich durch Adventivknospen. Diese entstehen an bestimmt vorgezeichneten Stellen: in der ringförmigen Insertion des scheidigen Blatts, je eine Adventivknospe mit seltenen Ausnahmen genau unter dem Winkel zwischen je zwei Blattzipfeln. Die Anlage zur Adventivknospe erfolgt in der Regel schon sehr lange vor der zu den Gefässbündeln des betreffenden Stengelglieds. Eine Zelle der bezeichneten Stelle der Blattbasis aus der zweiten oder dritten Schicht unter der Blattoberfläche (XIX, 15), an den im Herbst sich bildenden, zur Entfaltung im Frühjahr bestimmten Sprossen des Eq. pratense oft schon im dritt- bis viertjüngsten Blatte zeichnet sich durch Grössenzunahme, noch mehr durch farblosen, dickschleimigen Inhalt vor den jetzt oft schon Chlorophyll führenden Nachbarzellen aus, hinter denen sie bald in der Längsdehnung zurück bleibt, wobei sie aus dem Zusammenhang mit den seitlich und von oben sie umgebenden Zellen tritt. Bald beginnt in ihr eine in rascher Folge in der Endzelle sich wiederholende Theilung durch wechselnd der Achse des Stengels zu- und abgeneigte Wände (XIX, 16, 17), womit eine Zellenvermehrung eingeleitet wird, die in allen Stücken der in der Scheitelzelle der Terminalknospe vor sich gehenden entspricht. Die Stellung der in der Scheitelzelle der Adventivknospe entstehenden Wände ist fast ausnahmslos senkrecht zu einer durch die Achse des Hauptsprosses gelegten Ebene. — Bald wird das Dasein der Adventivknospe durch eine Auftreibung der Aussenfläche des Stengels dicht unter der Ansatzstelle des Blatts merklich. Endlich, bei weiterem Längenwachsthume, bricht sie aus der Unterseite des scheidenförmigen Blatts hervor.

Die Adventivknospen von Equisetum theilen mit den auf der Aussenfläche des jungen Stengels in der Achsel von Blättern entstehenden Knospen der Moose und Phanerogamen die Eigenschaft, unter gewissen Verhältnissen lange ruhen zu können. Oft verharren sie den grössten Theil einer Vegetationsperiode im rudimendärsten, ein- oder wenigzelligen Zustande. So bei E. pratense, palustre und limosum die zur Fortpflanzung des Individuum bestimmten. Während aus der Basis der Blattscheiden des mittleren und oberen Theils der über die Erde sich erhebenden Sprossen schon im Vorsommer zahlreiche dünne Zweige hervorbrechen, in der Regel so viele als Blattzipfel vorhanden sind, verharren die Adventivknospen der untersten, im Boden verborgenen Internodien in tiefer Ruhe bis zum Spätherbst. Dann aber entwickelt sich meist nur eine der Knospen jedes jener Internodien, aber mit einer Kraft und Ueppigkeit, welche die überirdischen Zweiglein vielmal übertrifft.

Einzelne Internodien des unteren, unterirdischen Theils von Hauptsprossen des E. arvense schwellen knollig an, indem die Zellen des Gewebes sich stark vermehren, welches den Gefässbündelkreis umschliesst.* In der Basis des rudimentären Blattes solcher Stengelglieder bilden sich kräftige Adventivknospen; selten mehr als zwei im nämlichen Internodium (XIX, 25). Das Zellgewebe der Knolle enthält etwas Stärkemehl und vielen Zucker (wie mir schien, nicht krystallisirbaren).

* Vergleiche *Bischoff*, kryptogamische Gewächse. Nürnb. 1828. Hft. 1. S. 29.

Die verschiedene Tracht der Arten von Equisetum beruht eben nur auf dem Verhalten der aus Adventivknospen entstehenden Seitensprossen zum Hauptspross. Die an das Auftreten von Brutknospen in der Niederblattregion vieler Phanerogamen erinnernde Erscheinung des Hervorbrechens kräftiger, zur Entwickelung in der nächsten Vegetationsperiode bestimmter Triebe aus den untersten Blattscheiden solcher Sprossen, die ihre überirdische Entfaltung gänzlich vollendeten, haben alle in der Ueberschrift dieses Abschnittes genannte Arten mit einander gemein. Diese Sprossen sind am schwächsten und am mindesten ausgezeichnet bei Eq. arvense; besonders schön und kräftig, von langcylindrischer Form, bei Eq. pratense und limosum. Bei der letzteren Art treten sie schon im Herbste aus dem Grunde der scheidigen Blätter mehrere Zoll weit hervor; bei Eq. palustre mit Beginn des Frühjahrs; bei E. hyemale erst Ende April. Die des E. limosum verdienen eine nähere Besprechung ihrer Entwickelung, nicht allein wegen mancher durch den Standort begründeten Eigenthümlichkeiten ihres Wachsthums, sondern auch wegen der traurigen Wichtigkeit für den Landbau, welche dieser Schafthalm durch sein massenhaftes Auftreten auf den fruchtbarsten Marschwiesen Norddeutschlands erlangt, deren Heu durch die zahlreich untermengten Sprossen desselben dem Vieh oft völlig ungeniessbar wird. Der untere Theil jedes Sprosses bleibt, wie bei den übrigen Arten der Gattung, vor dem Schicksal des über den Boden sich erhebenden bewahrt, im Herbste abzusterben. Die Oberhaut dieses Theils des Stengels nimmt eine schön rothbraune Färbung an; einer bis drei Sprossen, zur überirdischen Entwickelung im nächsten Jahre bestimmt, brechen aufwärts gekrümmt aus seinen hohlcylindrischen Blättern hervor, deren oberer Theil abstirbt und verweset. Die Oberhaut dieser den Winter durch ruhenden Sprossen ist elfenbeinfarb, die Blattzipfel derselben kastanienbraun. Werden die Triebe vom Licht getroffen, so entwickelt sich noch im Herbst Chlorophyll in den Zellen ihres Umfangs. Ausser diesen aber entstehen an einzelnen Gliedern alter Stämme dann und wann noch andere Sprossen (XIX, 19, 20); nicht nach oben, sondern seitwärts gerichtet; ihre Farbe ist in der Jugend hochcitronengelb, die Blattscheiden tief schwarzbraun. Sie sind nicht, wie die erstbeschriebenen, am Scheitel stumpf, sondern die zusammenneigenden Zipfel der scheidigen Blätter der Endknospe bilden eine scharfe Spitze. Diese Sprossen sind die Anlage der weit kriechenden Rhizome, die bisweilen auf 20 Fuss Länge sich verfolgen lassen. Beim Hervortreten aus den Blattscheiden des Muttersprosses von der Dicke eines schwachen Gänsekiels (XIX, 21) erreichen sie später durch Dehnung ihrer Zellen, wie durch allmälige Erstarkung (Zunahme der Zahl der Zellen in die Dicke) der neu sich bildenden Internodien einen Durchmesser von $^1/_2$ bis $^3/_4$ Zoll. Aus den Basen ihrer Blattscheiden brechen spärlich und getrennt durch weite Zwischenräume (durch mehrere Internodien, die keine Adventivknospen erzeugen), Sprossen hervor, die theils zur überirdischen Entfaltung, theils zur Bildung neuer Rhizome bestimmt sind.

In jedem Knoten solcher Stengel aller Arten von Equisetum, die dem Einflusse des Lichts entzogen in einem feuchten Medium sich befinden, bildet sich in gleicher Höhe mit der die Markhöhle durchsetzenden Scheidewand, und dicht unter den Anlagen zu Adventivknospen, ein Gürtel von Nebenwurzeln. Sie entspringen nahe unter der Rinde, dicht unterhalb der unteren Enden der Gefässbündel des höheren Internodium; somit treffen sie zusammen mit den oberen Enden der Scheidewände, welche die Luftlücken der Rinde des tieferen Stengelglieds trennen. In den unteren Knoten der kräftigen Herbstsprossen bilden sich an jeder solchen Stelle mindestens eine, in der Regel zwei, oft drei solcher Nebenwurzeln (XIX, 13) dicht neben einander. Schon früh wandeln sich die Zellen des von ihnen zu den convergirenden Ge-

fässbündel-Fortsätzen der Markscheide führenden Theiles der Scheidewand zweier Rindenluftlücken zu einem, von zahlreichen kurzen Spiralgefässen durchzogenen Gefässbündel um. Die Entstehung dieser dicken Gefässbündel, die sich auf eine ganze Strecke den spreizenden Fortsätzen der Gefässbündel des Internodium anlegen, trübt völlig die Deutlichkeit des Bilds des Verlaufs der Stengel-Gefässbündel im Knoten; sie mögen zu der Ansicht Veranlassung gegeben haben, dass die Gefässbündel des Schafthalmstengels in jedem Knoten zu einem wirren Geflecht sich vereinigten.*

Die Regel der Zellenvermehrung im Vegetationspunkte der Nebenwurzel ist, wie schon bei den Polypodiaceen erwähnt, den Nebenwurzeln der Farrn im weitesten Sinne, vielleicht allen Nebenwurzeln gemeinsam. Die Zelle ersten Grades, deren andauernde Theilung das Wachsthum der Wurzel zunächst vermittelt, liegt im Innern des Gewebes nahe oberhalb der Wurzelspitze. Ihre Form ist die einer Linse (XVIII, 3; XIX, 14). Sie theilt sich durch wechselnd nach oben und nach unten convexe Wände in eine neue abermals linsenförmige Zelle ersten Grades, und eine Zelle zweiten Grades von Gestalt eines Meniskus. In jeder der letzteren bilden sich, bald nach ihrer Entstehung, durch zweimalige Zweitheilung mittelst senkrechter Wände vier im Grundriss quadrantische Zellen. Die aus Vermehrung einer der nach unten gerichteten Zellen zweiten Grades hervorgegangenen theilen sich auch fortan nur durch auf der Grundfläche der Mutterzelle, somit auf dem nächstbenachbarten Theile der Oberfläche der Wurzel, senkrechte Wände. Alle Tochterzellen einer solchen Zelle zweiten Grades liegen in einer (parabolisch gekrümmten) Ebene; sie bilden einen stumpfen Hohlkegel, deren so viele die Spitze der Wurzel umhüllen, als nach unten gekehrte Zellen zweiten Grades in deren Vegetationspunkte entstanden. Der älteste, äusserste derselben reicht bis zur Ursprungsstelle der Wurzel, die jüngeren inneren je nach ihrem Alter gradweise minder hoch. Die ältesten, äusseren Zellenschichten der Wurzelspitze schuppen sich allmälig ab, und werden zerstört.

Die Zellenvermehrung in den nach oben gekehrten Zellen zweiten Grades zielt weit mehr auf Zunahme der Zellenzahl in Richtung der Höhe, als auf die in die Breite. Schon der Wiederholung der zweimaligen Zweitheilung der vier, aus der jüngsten Zelle zweiten Grades zunächst hervorgegangenen, im Grundriss quadrantischen Zellen in vier in einer Ebene liegende Zellen mit rechtwinkligen Berührungskanten folgt eine Theilung aller 16 Zellen durch der Grundfläche der Zelle zweiten Grades parallele, auf der Längsachse der Wurzel senkrechte Wände. Die äusseren Zellen der aus Vermehrung der nach oben gewendeten Zellen zweiten Grades hervorgegangenen Gruppe (die an Tochterzellen nach unten gekehrter Zellen zweiten Grades grenzenden) vermehren sich fortan noch längere Zeit durch Theilung mittelst wechselnd radial und der Peripherie parallel gestellter senkrechter Wände. Aber noch zweimal wird die Reihenfolge dieser Theilungen durch Bildung horizontaler Wände im ganzen Complex aus Vermehrung der nach oben gekehrten Zelle zweiten Grades hervorgegangener Zellen unterbrochen. Der obere Theil** des Hohlraumes, welchen die kegelförmige Zellschicht umschliesst, die aus Vermehrung einer beliebigen nach unten gekehrten Zelle zweiten Grades hervorging, wird von einer Zellenmasse eingenommen, in jüngeren Zuständen von Form eines Kegelabschnitts, in älteren von der eines kurzen Cylinders, die aus vierzähligen parallelen Längsreihen von Zellen zusammen gesetzt ist. Der übrige, verengte Theil des Hohlkegels wird ausgefüllt von der Zelle ersten Grades, beziehendlich von den jüngeren Zellen zweiten Grades und deren Nachkommenschaft (XVIII, 3; XIX, 14).

* Siehe *Nägeli*, Zeitschr. f. Botanik, Heft 3 u. 4, S. 143.

** Obere in Bezug auf die Richtung der Wurzel mit der Spitze abwärts.

Gleich den Adventivknospen können die Nebenwurzeln lange im Ruhezustande verharren. Brechen sie hervor, und verlängern sie sich, so wandelt der centrale Strang von Zellen sich zum Gefässbündel um. Das ihn zunächst umschliessende Gewebe lockert sich auf, vertrocknet und verschwindet endlich. So entsteht unter der Rinde der Nebenwurzel eine hohlcylindrische Luftlücke. Die Oberfläche der Wurzel bedeckt sich mit langen, im Alter bräunlich werdenden Papillen. — An sehr alten Rhizomen ist gewöhnlich die Rindenschicht der Wurzeln völlig zerstört; nur die centralen Gefässbündel, deren Gewebe ein sehr festes ist, sind noch übrig, und erscheinen als zähe, dicke, tiefbraune Fasern (XIX, 20).

Ausschliesslich an den aus den untersten Internodien eines vorjährigen Triebs hervorbrechenden kräftigen Sprossen bilden sich Fruchtstände. Der Uebergang von gewöhnlichen scheidenförmigen Blättern zu dem untersten Gürtel von Sporangien ist selbst bei denjenigen Arten sehr rasch und plötzlich, welche, wie E. arvense in der Regel, lediglich zur Fruchtbildung bestimmte Sprossen besitzen. Das letzte Scheidenblatt unter dem Fruchtstande ist kürzer und fleischiger als die übrigen; das ist Alles. Der Fruchtstand ist morphologisch unbegrenzt; der Anlage nach sind seiner Längsentwickelung ebenso wenig Schranken gesetzt, als derjenigen der vegetativen Sprossen, welche auch, mindestens die überirdischen, trotzdem nicht über ein gewisses Maass hinaus sich verlängern. — Jeder Gürtel von Sporangien tritt als ringförmiger Wulst unterhalb der Endknospe auf (deren Bau und Regel der Zellenvermehrung durchaus denen der Endknospe vegetativer Triebe entspricht), in der Weise der ersten Anlage zum vegetativen Blatte, nur massiger und weit minder erhaben. Bestimmte Stellen dieses sehr flachen Ringwalles bilden sich stärker aus, ähnlich dem Hervortreten der Blattzipfel über den Anfangs glatten Rand des scheidigen Blatts. So entsteht ein den Stengel umgebender Ring halbkugeliger Hervorragungen, an noch in der Entwickelung begriffenen Fruchtständen deutlich kenntlich an der dritten Anlage zu einem Gürtel von Sporangien, von der Terminalknospe abwärts gezählt (XVIII, 8; XIX, 22). Die Regel der Zellenvermehrung dieser halbkugeligen Zellenmassen — der Anlagen zu den Sporangienträgern — gleicht derjenigen der Fruchtanlage von Pellia (XIX, 23, 24). Schon früh überwiegt die Entwickelung ihres oberen Theils die des unteren; durch den Druck, den ihre Scheitel gegenseitig auf einander üben, werden sie zu sechsseitigen Schilden. Bald beginnt die Unterseite dieser Schilde, da wo sie in den minder in die Dicke gewachsenen unteren Theil (den Stiel) des Sporangienträgers übergeht, auf fünf bis sechs Punkten eine rasch vorschreitende Zellenvermehrung, welche eingeleitet wird durch, je in der Scheitelzelle sich wiederholende, Theilung einer der Zellen der unteren Fläche des Schilds durch wechselnd geneigte Scheidewände (XVIII, 9). So entstehen fünf bis sechs der Unterseite des Schilds aufgesetzte stumpfe Wärzchen von Zellgewebe: die ersten Rudimente der Sporangien. Kurz nach ihrem allerersten Auftreten schon überwiegt das Wachsthum einer der innern Zellen, zu dieser Zeit nur durch eine einfache Lage weniger Zellen vom Scheitel des jungen Sporangium getrennt, beträchtlich das ihrer Nachbarinnen. Sie ist die Urmutterzelle der Sporen; die sie umhüllenden werden zur Wand des Sporangium.

Durch wiederholte Zweitheilung der Urmutterzelle — die erste Theilung erfolgt durch eine zur Längsachse des Sporangium horizontale Wand (XVIII, 10) — wächst die Zahl der zur Sporenbildung bestimmten Zellen (XVIII, 11, 12). Unterdessen, bedeutend schneller, vermehrt sich die Zahl der Zellen der Wand: bald wird sie durch Theilung ihrer Zellen mittelst der Aussenfläche paralleler Wände zu einer Doppellage von Zellen (XVIII, 11); durch noch früher eintretende Theilung ihrer Zellen durch

wechselnd einander kreuzende, auf der Aussenfläche senkrechte Wände nimmt sie an Umfang zu, Schritt haltend mit der Vermehrung des Volumen der Gruppe von Mutterzellen. Während dem tritt noch einmal die Theilung durch der Aussenfläche parallele Wände ein, so dass jetzt die Wand des Sporangium aus drei Zellschichten besteht (XVIII, 13).

Ganz dem Vorgange bei Bildung des Pollens der Phanerogamen entsprechend, wird die innere dieser Schichten schon früh, die mittlere kurz vor der Zeit verflüssigt, zu der die Mutterzellen sich vereinzeln, und von der an Grösse immer zunehmenden Gruppe derselben verdrängt (XX, 1, 15). — Die Aufhebung des Zusammenhangs der Mutterzellen erfolgt nicht auf einmal. Kleinere Gruppen, in der Regel von je vieren, pflegen etwas länger zusammen zu halten (XX, 3).

Wie zu allen Perioden ihrer Entwickelung, den die Theilung einer Generation von Mutterzellen vorbereitenden Moment ausgenommen, zeigt jede der freigewordenen Sporenmutterzellen einen grossen centralen Kern — eine kugelige Blase, mit Flüssigkeit gefüllt welche das Licht minder stark bricht, als die von vielen feinen gelblichen Körnchen getrübte dickschleimige Inhaltsflüssigkeit der Zelle — mit meist nur einem, mittelgrossen sphärischen Kernkörperchen (XX, 3, 4). Bei weiterem Vorschreiten der Entwickelung der Frucht wird die Membran dieses Kerns langsam aufgelöst; seine Inhaltsflüssigkeit vermischt sich mit der der Zelle. Plötzlich erscheinen an seiner Stelle zwei grosse, jeder beinahe eine Hälfte der Mutterzelle einnehmende abgeplattet-ellipsoïdische Zellenkerne, bei ihrem Auftreten durchaus keine, später sehr zahlreiche Kernkörperchen enthaltend (XX, 6—10). Im Aequator der Zelle, zwischen diesen beiden Zellenkernen, bildet sich nahe der Zellwand ein Ring oder eine Platte von Protoplasmakörnchen (XX, 7—10). Die Umrisse der beiden abgeplatteten Zellenkerne werden darauf blässer und blässer; bald verschwinden sie völlig. Die bis dahin zu jenem ringförmigen Gürtel oder einer die Zelle durchsetzenden Platte angehäuften Elementarkörnchen vertheilen sich in der Inhaltsflüssigkeit der Mutterzelle, und jetzt erscheinen in derselben, ebenso plötzlich wie kurz vorher die zwei grösseren abgeflachten, vier kleinere, kugelige Zellenkerne (XX, 11, 12). Sie ordnen sich nach den Ecken eines Tetraëders, und zwischen je zweien derselben erscheint — ohne dass andere vermittelnde Entwickelungsstufen sich beobachten liessen als plattenförmige Anhäufungen des dichteren, gelblichen Protoplasma zu dicken, nicht scharf umgrenzten Platten — eine Scheidewand. So ist die Mutterzelle in vier tetraëdrische Zellen, die Specialmutterzellen, getheilt.

Bis hieher gleicht die Entwickelung der Sporen vom Freiwerden der Mutterzelle an bis auf die kleinsten Einzelnheiten der des Pollens der Abietineen.* Um so eigenthümlicher ist ihre fernere Lebensgeschichte.

Sehr bald vereinzeln sich die vier tetraëdrischen Zellen in welche die Mutterzelle sich theilte; ohne Zweifel durch Verflüssigung der ursprünglichen Wand der Mutterzelle und der äusseren Schicht der Wandungen der vier Tochterzellen. Sie stellen dann vollkommen sphärische sehr zartwandige Zellen dar. Eine Schicht körnigen Schleims überzieht die Innenwand, im Centrum einen kugeligen, mit dünner Flüssigkeit erfüllten Raum freilassend. Der stark abgeplattete Zellenkern ist jener Protoplasmaschicht eingebettet (XX, 14). Bald erscheint die kugelige Zelle von einem lichten Hofe umgeben, einer Schicht anscheinend gallertartiger Substanz, welche bei Behandlung mit Iodtinctur keinerlei Färbung annimmt

* Vergleiche meinen Aufsatz: Ueber Bildung des Pollens. Berliner bot. Zeitung, 6. Jahrg. (1848), Sp. 670.

(XX, 16). Eine überaus zarte Membran begrenzt nach aussen diese Hüllschicht. In den Sporangien etwas älterer Fruchtstände erscheint diese Membran derber, schärfer abgesetzt von dem inneren Theile der die kugelige Zelle umgebenden Hülle, welcher jetzt als eine mit Iod sich sehr schwach gelb färbende Flüssigkeit hervortritt. — Diese Entwickelungsstufen der Sporenmutterzelle werden in kürzester Zeit durchlaufen. In demselben Sporangium des Eq. palustre finden sich Mutterzellen mit in Auflösung begriffenem primären Kerne, solche mit zwei abgeplatteten, solche mit vier kugeligen Tochterkernen; Complexe von vier tetraëdrischen Tochterzellen, vereinzelte Tochterzellen von Kugelgestalt, und endlich solche, welche bereits den durchsichtigen Hof schwach ausgebildet zeigen. Bei dessen Auftreten lässt sich eine Zusammenziehung des Primordialschlauchs der kugeligen Zelle auf einen kleineren Raum durch Messungen nicht nachweisen. Die von Hüllen umgebenen Zellen zeigen durchschnittlich denselben, häufig einen grösseren Durchmesser, als die nackten. Einzelne Abweichungen halten sich innerhalb der Grenzen individueller Verschiedenheiten der Grösse. Gleichwohl lässt sich der Vorgang schwerlich anders auffassen, denn als eine Ansammlung des Gehalts der Specialmutterzelle an körnigem Protoplasma zu einer kugeligen Masse in deren Mittelpunkte. Diese Anhäufung von Bildungsstoff stellt so eine kugelige frei im Mittelpunkte der vergrösserten Specialmutterzelle schwimmende Tochterzelle dar. Sie, die Spore, umgiebt sich binnen kurzen mit einer starren, gegen Einwirkung verdünnter Säuren und des Alkohol unempfindlichen Zellhaut (XX, 17). Wenig später beginnen auf der Innenwand der Specialmutterzelle leistenartige Vorsprünge sich zu zeigen (XX, 18); die ersten Andeutungen der zwei parallelen Spiralfasern der Specialmutterzelle, welche bei der Sporenreife durch Zerreissen der primären Haut der Specialmutterzelle sich aufrollend, die sogenannten Elateren darstellen. —

Durch Aufspringen der zu einer Schicht von Spiralfaserzellen sich umwandelnden Wand des Sporangium werden die reifen Sporen ausgestreut. Sie zeigen eine feingekörnelte äussere, eine zarte innere Zellhaut; der centrale kugelige Kern schwimmt sehr deutlich sichtbar in der gelblichen, ölreichen Inhaltsflüssigkeit, in welcher schon vor dem Verstäuben der Sporen zahlreiche Chlorophyllkörperchen sich finden. Deren Zahl mehrt sich rasch bei Aussaat der Sporen auf feuchten Grund (XX, 20). Schon nach wenigen Stunden verschwindet der primäre Zellenkern (XX, 33); an seiner Stelle erscheinen zwei neue, deren Lage oft nur errathen werden kann durch die in ihrer Umgebung zum dichten Klumpen geballten Chlorophyllkörperchen (XX, 20b). Zwischen beiden erscheint eine, die Spore in zwei sehr ungleiche Hälften theilende Wand (XX, 21, 22, 34). Die eine derselben, die grössere, enthält fast alle Chlorophyllkörperchen der Zelle; die andere fast nur feinkörnigen Schleim. Diese letztere Zelle wächst gewöhnlich zum ersten Wurzelhaare des sich bildenden Prothallium aus (XX, 22—25).

Die obere, chlorophyllreiche Zelle theilt sich bei Equisetum limosum und palustre sofort durch eine senkrechte oder steil geneigte Scheidewand (XX, 22—24). Bei Equisetum arvense geht ihrer Vermehrung eine sehr beträchtliche Dehnung vorher (XX, 37), die bisweilen schon eintritt, bevor die untere, chlorophyllarme Zelle von der Mutterzelle des grünen Theils des Prothallium durch eine Querwand sich sonderte (XX, 36). Der Bildungsstoff, Protoplasma untermischt mit zahlreichen Chlorophyllkörperchen, ist angehäuft in der Spitze der oberen Zelle, welche dem wurzelnden Ende des werdenden Prothallium abgewendet ist. Diese schleimige Masse umhüllt gewöhnlich (nicht immer XX, 37) den Zellenkern. Er löst sich allmälig auf (XX, 41); an seinem Platze zeigen sich zwei neue (XX, 42). Eine zwischen beiden auftretende Querwand zerfällt die grosse chlorophyllführende Zelle in eine obere, kleinere,

zu lebhafter fernerer Vermehrung bestimmte Zelle, und eine untere bauchige Dauerzelle (XX, 39, 43). Die Basalzelle wächst hier oft erst spät zu einer Wurzelröhre aus, erst nach dem Hervorsprossen einer oder mehrerer Haarwurzeln aus der freien Aussenwand jüngerer Zellen (XX, 44—47); manchmal gar nicht (XX, 61).

Die weitere Entfaltung des Prothallium ist überaus mannichfaltig. Bei kaum noch einem Organe höherer Pflanzen tritt in so geringem Grade eine bestimmte Regel der Zellenvermehrung hervor. Im Allgemeinen zeigt sich eine Neigung zum Längenwachsthum mittelst wiederholter Theilung einer oder mehrerer Scheitelzellen durch Querwände, und zur Theilung der Zellen zweiten Grades durch Längswände. Sehr häufig bilden sich Seitensprossen; sie werden angelegt durch Aussackung der Wand irgend einer älteren Zelle, und (verhältnissmässig späte) Abtrennung der Ausstülpung vom ursprünglichen Zellraume durch eine Querwand (XX, 44). Diese Nebensprossen zeigen ähnliche Formen der Zellenvermehrung, wie der Hauptspross, den sie häufig an Kräftigkeit übertreffen (XX, 45, 47). In anderen Fällen tritt auch eine deutliche Gabelung des vorderen Ende des Prothallium ein, welche darauf beruht, dass zwei Scheitelzellen von einander spreizend sich entwickeln (XX, 30). — Sobald Zellen des Prothallium die Stufe des Alters erreicht haben, in welcher das Protoplasma ihres Inhalts die Innenwand des Primordialschlauches als dünne Schicht auskleidet, welcher Zellenkern und Chlorophyllkörperchen eingebettet liegen, erscheinen die letzteren deutlich als Bläschen. Ihre Vermehrung durch Theilung habe ich öfters mit Bestimmtheit beobachtet (XX, 30^{b}, 40—44). Vom Zellenkern gehen in der Regel schleimige Strömungsfäden aus (XX, 30^{b}).

Wie verschiedenartig auch zu Anfang die Verzweigungen des Prothallium sich gestalten mögen, das Endergebniss ist immer das Gleiche: einer der zahlreichen Sprossen entwickelt sich bedeutend stärker in die Länge, Breite und Dicke, als alle übrigen. Sein Umriss ähnelt etwas dem der Prothallien der Farrnkräuter; beinahe ausschliesslich von seiner Unterseite aus gehen die später entstehenden Haarwurzeln des Prothallium (XX, 47, 61). Vorzugsweise dem Rande dieses Hauptlappens entsprossen Antheridien, die an anderen Theilen des Prothallium nur selten und ausnahmsweise sich finden.

Die Entstehung einer Antheridie wird eingeleitet durch die mehrmals wiederholte Theilung einer der Zellen jenes Randes mittelst wechselnd nach zwei Richtungen geneigter Scheidewände (XX, 31 bei a). Die Zellen zweiten Grades theilen sich durch radiale Längswände, jede der so gebildeten dreiseitigen Zellen durch der Achse des Organs parallele Wandungen in innere und äussere. Die letzteren werden zur Hüllschicht der Antheridie, ihrer Innenwand sind zahlreiche Chlorophyllbläschen angelagert; wässerige Flüssigkeit erfüllt den Mittelraum der Zellen. Die axilen Zellen der jungen Antheridie, eine eyförmige aus vier Längsreihen von Zellen aufgebaute Gruppe, enthalten feinkörnigen Schleim (XX, 31 bei b). Durch rasch sich wiederholende Theilungen nach allen drei Richtungen des Raumes wandeln sie sich um in eine Masse kleiner tessellarer Zellen (XX, 48) die anfangs in sehr innigem Zusammenhange stehen. In jeder derselben bildet sich ein abgeplattet ellipsoïdisches Zellchen (XX, 48, 49), welches mitunter in seinem Inneren ein kleines Bläschen mit das Licht minder brechender Inhaltsflüssigkeit erkennen lässet (XX, 49). Die Wände der fest zusammenhängenden würfeligen Zellen werden jetzt verflüssigt; die ellipsoïdischen Zellchen werden frei. Bald beginnt eine der Innenwand derselben angeschmiegte, gallertartige Masse in ihnen sich zu zeigen; sie bildet einen unvollständigen Ring parallel der grossen Achse der ellipsoïdischen Zelle. Dies ist die erste Andeutung des in Bildung begriffenen Samen-

fadens (XX, 50, 51). Im Mittelpunkte des Zellchens erhalten sich noch lange zahlreiche Schleimkörnchen, bis zur Reife des Antheridium.

Die Scheitelzellen der Hüllschicht der Antheridie, meist vier an der Zahl, enthalten wenig oder gar kein Chlorophyll; auch ihre Nachbarzellen sind bei den langgestreckten Antheridien des Eq. limosum sehr arm daran (XX, 31 bei c). Bei der Reife des Organs weichen die Scheitelzellen auseinander; aus der Oeffnung quellen die Samenfäden umschliessenden Zellchen langsam hervor.

Sie sind bei Equisetum grösser, als bei irgend einer anderen in dieser Beziehung gekannten Pflanze (Durchmesser bei Eq. arvense bis zu $^1/_{150}'''$). Der Samenfaden reifer solcher Bläschen wird bald theilweis frei; wie es scheint, durch Aufquellen und Auflösung von Theilen der Wand der ihn umschliessenden Zelle. Die zahlreichen, nicht eben langen Wimpern, welche sein vorderes dickeres Ende trägt, beginnen ihre lebhaft schwingenden Bewegungen; in Folge davon bewegt das Spermatozoïd mit dem ihm anhaftenden Mutterbläschen sich rasch im Wasser des Objectträgers umher. Nicht oft entledigt der Samenfaden sich völlig seiner Mutterzelle. Dann erscheint er als spiralig gewundener wurmförmiger Körper aus schleimig-gallertartiger, bei Behandlung mit Iod sich tief bräunender Substanz (XX, 56). Sein eines Ende, das bei der Bewegung vorausgehende, ist stark verdickt; das entgegengesetzte läuft in eine lange peitschenförmige Verdünnung aus, die dann besonders deutlich wird, wenn ihre äusserste Spitze irgendwo (z. B. an Haarwurzeln des Prothallium, XX, 57) anhaftet, ein sehr häufiger Fall. Werden die Samenfäden durch Iodtinctur getödtet, so pflegen sie sich schneckenförmig aufzurollen (XX, 60); nur selten bleiben die einzelnen Windungen von einander entfernt, wie während der Bewegung (XX, 56). Die beweglichen Wimpern erscheinen beim Stillliegen des Spermatozoïds starr und straff; ihre Richtung divergirt stets tangental links von der Aussenseite der rechtsgewundenen Spirale, welche der Samenfaden darstellt. Solcher Cilien tragen alle Windungen mit Ausnahme der letzten, unmessbar verdünnten.

Die Art, in welcher Theile des Spermatozoïds in dem Mutterbläschen stecken bleiben, ist sehr mannichfaltig. Sehr oft bleibt das vordere, verdickte Ende innerhalb des sphärischen Bläschens (XX, 54, 55); die unteren Windungen ragen aus dem Risse hervor, vermitteln durch das Schwingen ihrer Wimpern eine unstät taumelnde Bewegung des Organs mit dem Mutterzellchen voraus. Seltener ist das vordere Ende frei, das hintere, verdickte vom Bläschen umschlossen. In solchen Fällen ist die Bewegung regelmässiger und rascher. Ein häufig vorkommender Fall ist der; dass aus einer Spalte des Bläschens die Wimpern der dicksten Windung des Spermatozoïds hervorragen (XX, 52, 53). Die sich fortwährend überkugelnden Bewegungen solcher Samenfäden ähneln sehr denen mancher Infusorien.

Ich beobachtete fünfstündige Dauer der Bewegung der Samenfäden von Equisetum arvense. Die Empfindlichkeit der Spermatozoïden gegen äussere Einflüsse schien mir minder gross, als bei denen der Farrnkräuter. Sehr gypshaltiges Wasser, welches eine entschieden nachtheilige Einwirkung auf die Samenfäden von Asplenium septentrionale äusserte, störte die Bewegungen derjenigen von Equisetum arvense, palustre und limosum nicht im Mindesten.

Die ersten reifen Antheridien fand ich bei Eq. limosum fünf Wochen nach Aussaat der Sporen (am 1. Juli); bei Eq. arvense 13 Wochen nach derselben (Ende Juli). Die Zahl der Antheridien auf einem und demselben Prothallium steigt bei Eq. arvense bis auf 10. Auffallend wenig Neigung zu Entwickelung von Antheridien hat das Prothallium des Equis. palustre, welches in der Regel sieben Monate nach der Aussaat noch völlig steril ist. — Die Innenwand der Höhlung von Antheridien, welche ihren Inhalt ent-

leerten, nimmt eine tiefbraune Farbe an. Das Austreten der Samenfäden umschliessenden Zellen erfolgt unzweifelhaft freiwillig; häufig findet man auf dem Scheitel entleerter Antheridien Klümpchen zusammen gedorrter Mutterzellen von Spermatozoïden. *

Der Keimung der Equisetaceen scheinen in der freien Natur zahlreiche Hindernisse entgegen zu stehen. Trotz eifrigen Suchens konnte ich im Freien nie Prothallien irgend einer Art finden. Auch bei der Cultur geht die Mehrzahl der Prothallien noch vor der Entwickelung von Antheridien durch Fäulniss, Insektenfrass, Ueberwuchern von Vaucherien, Oscillatorien und Vorkeimen von Moosen zu Grunde. Sehr wenige der von mir gezogenen Prothallien des Eq. arvense überdauerten den fünften Monat nach der Aussaat. An diesen beobachtete ich Erscheinungen, welche ich für den Beginn der Bildung von Archegonien halte. Der oben erwähnte Hauptlappen des Prothallium, welcher durch wiederholte Theilung seiner Zellen parallel den Flächen eine fleischige Beschaffenheit angenommen hatte, entwickelte einen kurzen flachen Seitenspross. Auf der Oberseite desselben entstand ein flacher Zellenhügel, aus vier Zellen mit ziemlich rechtwinkligen Berührungskanten bestehend. Die Anordnung derselben lässt schliessen, dass sie von der Theilung einer Zelle der Oberseite des Prothalliensprosses durch eine steile, fast senkrechte Wand, und die darauf folgende Theilung beider neu gebildeten Zellen durch eine zur letztentstandenen Wand rechtwinklige abstammen (XX, 61, 62). Durch ihre Armuth an Chlorophyll unterscheiden diese Zellen sich sehr von den ihnen benachbarten. Der grosse Zellenkern ist als scharf umgrenztes kugeliges Bläschen deutlich zu erkennen. Von oben gesehen lässt das Organ, auf einer wie es scheint weiter vorgeschrittenen Entwickelungsstufe, unter der Commissur der vier Zellen des flachen Hügels eine rundliche Zelle erkennen: fast unzweifelhaft die Centralzelle der Basis des Archegonium, welche bestimmt ist, den Embryo, die Anlage zur beblätterten Pflanze zu erzeugen.

Die weitere Entwickelung des Prothallium der Equisetaceen konnte ich wegen Mangels an Material nicht verfolgen. Meine Aussaatversuche theilten bis jetzt das Schicksal der meisten früheren; sechs bis acht Monate nach der Aussaat gingen auch die letzten Prothallien zu Grund, die bis dahin sich noch erhalten hatten. Jede Vorsicht, jede Aenderung der Culturmethode war vergebens. Der Mangel an Beobachtungen des ersten Auftretens des Embryo ist um so fühlbarer, als es von besonderem Interesse sein würde, zu erfahren, in welchem Verhältniss der aus dem Prothallium hervorbrechende Spross zur Achse erster Ordnung, zu der Zellenmasse steht, welche unmittelbar aus der von der Centralzelle des Grundes des Archegonium umschlossenen Zelle durch wiederholte Theilung sich bildet. Nach der Analogie mit den nächsten Verwandten, mit den Farrn einerseits, den Rhizocarpeen und Selaginella andererseits ist der erste ans Tageslicht tretende Spross ** wahrscheinlich eine Achse zweiter Ordnung. Entsteht er in gleicher Weise, wie bei den eben Genannten, so würde er das einzige Beispiel bieten einer ächten, nicht auf Entstehung von Adventivknospen beruhenden Verzweigung einer Achse von Equisetum. Seine Bildung als Adventivspross durch Vermehrung einer der Zellen des Inneren der Achse wäre dagegen kaum minder merkwürdig.

---

* Vergleiche auch *Milde's* Aufsatz über die Keimung der Equisetaceen, Linnaea 1850.

** Vergleiche *Vaucher* (mém du musée d'hist. nat. t. X.) und *Bischoff* (N. A. A. C. L. vol. XIV, p. II, pg. 781, und die kryptogamischen Gewächse, 1. Lfg. Nürnberg 1828) in welch trefflicher Schrift auch die ältere Literatur aufs Vollständigste abgehandelt ist.

RHIZOCARPEEN.

(Pilularia globulifera und minuta; Marsilea pubescens. — Salvinia natans.)

Tafel XXI, XXII.

Die Frucht von Pilularia ist das umgewandelte Ende eines Zweiges, der sich in der Achsel eines der pfriemenförmigen Wedel und der Hauptachse, bei Pilularia minuta gewöhnlich als Beiknospe in einer der normalen Gabelungen des Stengels bildet. Sie stellt bei P. minuta in sehr jungem Zustande eine am Scheitel abgeplattete, kugelige Masse zarten gleichartigen Zellgewebes dar. Eine aus vier Zellenlagen gebildete äussere Schicht von Zellgewebe umhüllt zwei linsenförmige Hohlräume, welche durch eine dicke Scheidewand von einander getrennt werden. Die Innenseite der Aussenwand trägt die Anlagen zu Sporangien. Es lassen sich auf dem Scheitel der Frucht dieser Art selbst auf dieser frühen Stufe der Entwickelung keine Spuren der Zusammenfügung aus verwachsenden Theilen wahrnehmen (XXI, 27). Sehr deutliche solche Fugen, die an der halbentwickelten Frucht, auf deren Aussenwand schon zahlreiche Haare sich bildeten noch ungeschlossen sind, zeigen die Commissuren der vier durch einander kreuzende zarte Scheidewände getrennten Fächer der jungen Frucht der Pilularia globulifera. Auch hier entsprossen der Innenwand der Aussenflächen dieser Fächer keulige Zellgewebmassen, die ersten Anfänge der Sporangien; bis zu acht (bei P. minuta nur zwei bis drei) senkrecht übereinander. Das breitere Ende der sehr jungen Sporangien, welches von einem kurzen dicken Stiele getragen wird, zeigt eine grössere centrale Zelle, von einer Doppelschicht kleinerer Zellen umhüllt (XXI, 20). Die centrale Zelle theilt sich in zwei (XXI, 21); die so gebildeten Zellen wiederholt in je zwei Zellen nach allen drei Richtungen des Raumes. Die Zellen der beiden umhüllenden Schichten theilen sich währenddem nur durch zur Aussenfläche senkrechte Wände. So wird das Sporangium zu einer kugeligen Masse grösserer Zellen, umschlossen von einer Doppellage kleinerer tafelförmiger, und getragen von einem sehr kurzen cylindrischen Stiele. Jene grösseren Zellen — die Mutterzellen der Sporen — vereinzeln sich bei weiterer Ausbildung der Frucht; die Zellen der inneren Lage der Hülle entwickeln währenddem zahlreiche freie kleine Zellen in ihrem Innern (XXI, 22); später werden sie resorbirt. Jede freigewordene Sporenmutterzelle theilt sich gleichzeitig in vier Tochterzellen, die Specialmutterzellen der Sporen. Diese Entwickelungsstufe tritt in den unteren Sporangien früher ein, als in den oberen. In jeder Specialmutterzelle bildet sich nach vorhergehender beträchtlicher Verdickung der Wand eine Spore (XX, 30, 31). — Bis hieher verhalten alle Sporangien sich gleich. Von jetzt ab tritt aber eine sehr wesentliche Verschiedenheit in der ferneren Entwickelung des untersten Sporangium jedes Faches der Sporenfrucht und der übrigen auf. In jenem sterben sämmtliche Complexe von je vier Specialmutter- und Sporenzellen bis auf einen (oder zwei) langsam ab. Die Sporen des lebensthätig bleibenden werden bald durch Resorption der Wände der Mutter- und Specialmutterzellen frei; sie erhalten Kugelform. Fürs Erste nehmen alle vier an Grösse rasch zu (XXI, 24); dabei verdicken ihre Wände sich stark, aber ungleichseitig, so dass der kugelige Innenraum der jungen Spore excentrisch wird. Bald aber überholt das Wachsthum der einen das der anderen. Sie allein bildet sich weiter

aus, während die übrigen im Wachsthum zurückbleiben und gleich den Resten der übrigen Complexe von Specialmutterzellen von der an Grösse stetig zunehmenden einen Spore zur Seite gedrängt, endlich verflüssigt werden. Bei der Fruchtreife nimmt die grosse Spore den ganzen Innenraum des inzwischen sehr vergrösserten Sporangium ein. Ihre Gestalt geht während der Grössenzunahme aus der kugeligen Gestalt in die kurz Birnförmige (XXI, 32, 33), aus dieser in die eines im Aequator schwach eingeschnürten Ovoïds über (XXI, 1). In ihrem engeren, dem Scheitel des Sporangium zugewendeten Ende findet sich ihr Zellenkern, einer die Wand auskleidenden Schleimschicht eingebettet.

Schon wenn die Spore die Kugelgestalt annimmt, lässt sich eine durch die primäre zarte Wand hindurch ausgesonderte glasartige äussere Sporenhaut an ihr unterscheiden. Später bildet sich auf dieser innern Schicht der äusseren Haut eine zweite, aus prismatischen eng aneinander schliessenden Säulchen zusammengesetzte. Diese Säulchen sind am Grunde der Spore sehr kurz, an ihrem oberen Drittheile weit länger; am Scheitelpunkte der Spore fehlen sie. Die reife Spore ist von einer dicken gleichfalls aus prismatischen Stücken zusammengesetzten Gallerthülle umkleidet, die ebenfalls den Scheitel der Spore frei lässt, auf welchen zu, durch die Gallerthülle hindurch, ein trichterförmiger Gang führt (XXI, 4, 10). Die glasige innere Schicht der äusseren Sporenhaut überragt den Scheitel der reifen Spore in Form einer kegelförmigen an der Spitze offnen Wölbung; sie erscheint in zahlreiche, bei P. globulifera bis acht, dreiseitige Fetzen zerrissen.

Die Sporen welche innerhalb der oberen Sporangien entstanden, bilden sich sammt und sonders zu viel kleineren kugeligen Sporen aus, auf deren Scheitel drei in Winkeln von 120° zusammenstossende Spalten des Exosporium die Berührungskanten von vier Sporen innerhalb eines Complexes von Specialmutterzellen andeuten. Bei Pilularia minuta sind auch die kleinen Sporen von einer Gallertschicht umhüllt, welche denen der Pilularia globulifera fehlt. Sowohl in den grossen als in den kleinen Sporen ist bei der Reife keine Spur des Zellenkerns mehr zu entdecken. Der Inhalt beider besteht aus einem Gemenge von eyweissartiger, zahlreichere festere Körnchen mit Iod sich bräunender Substanz enthaltender Flüssigkeit, Oeltröpfchen und Amylumkörnern. Die letzteren, in den grossen Sporen sehr gross, zeigen hier deutliche Schichtenbildung, eine Centralhöhle und von dieser ausgehende Canäle; in den kleinen Sporen sind sie äusserst klein; es ist keinerlei Structur in ihnen wahrzunehmen.

Die reife Frucht von P. globulifera springt in vier Klappen auf. Die Sporangien platzen, indem die in ihnen angesammelte, von der Auflösung der Specialmutterzellen herrührende Gallerte durch die Einsaugung von Wasser sehr beträchtlich sich ausdehnt; die grossen und kleinen Sporen werden dadurch in Menge frei.

Wenige Stunden nach diesem Vorgange beginnt in den grossen Sporen die Keimung. Als erste Andeutung derselben erscheint auf der Innenseite des Scheitels der Spore, unterhalb der pyramidalen, von den dreieckigen Lappen der innern Sporenhaut gebildeten Wölbung eine linsenförmige Anhäufung von feinkörnigem Protoplasma, welche bald mit einer Membran sich bekleidet und so eine stark abgeplattete, im Umriss kreisförmige Zelle darstellt (XXI, 2). Kurz darauf, vor Verlauf von 24 Stunden, erscheint die von den Lappen der glasigen Schicht der äusseren Sporenhaut gebildete kegelförmige Höhlung von einem Zellenkörper ausgefüllt: einer grossen centralen Zelle, welche von einer einfachen Schicht weniger tafelförmiger Zellen umkleidet wird (XXI, 3, 3^{b}, 5). Es gelang mir nicht, alle Mittelstufen zwischen diesem und dem vorher beschrieben Zustand zu finden; doch zweifle ich

nicht, dass dieser Zellenkörper aus wiederholter Zweitheilung der nach oben sich wölbenden linsenförmigen Zelle hervorgeht. Zunächst mag durch die Entstehung rechtwinklig sich schneidender Wände die linsenförmige Zelle geviertheilt werden. Von diesen vier Zellen ist es aller Wahrscheinlichkeit nach eine, welche, durch eine diagonale, zugleich einwärts geneigte Wand sich theilend, zu Entstehung der centralen Zelle Anlass giebt, die stärker sich dehnend als die übrigen bald den Mittelpunkt des Zellenkörpers einnimmt, so dass die übrigen vier Zellen, welche inzwischen durch auf der Aussenfläche senkrechte Wände sich theilten, sie bedecken (XXI, 3). Sie theilt sich später in eine untere flach tafelförmige und obere sphärische Zelle. Die untere tafelförmige Zelle zerfällt bald durch wiederholte Zweitheilung in vier (XXI, 5), darauf in acht, noch später in zwölf Zellen. Im unteren Theile des so sich bildenden Prothallium theilen sich die Zellen, welche die grössere centrale Zelle seitlich umgeben, endlich auch durch der Aussenfläche parallele Wände (XXI, 6—10). Die vier Zellen, welche den Scheitel der grösseren Zelle überragen, dehnen sich papillös nach oben (XXI, 6), theilen sich darauf jede durch eine Querwand (XXI, 5). Sämmtliche Zellen des Prothallium mit Ausnahme dieser papillös ausgedehnten und der grossen centralen bilden Chlorophyllkörperchen in ihrem Innern.

Die Zunahme des Umfangs des Vorkeims biegt die ihn bedeckenden spitzen Fetzen der innern Schicht der äusseren Sporenhaut zurück; er wird als smaragdgrünes Wärzchen auf dem Scheitel der keimenden Spore sichtbar. Jetzt treten die vier papillösen Zellen auf dem Scheitel des Vorkeims und die vier Basalzellen derselben an ihrer Commissur auseinander, so dass ein auf die grosse centrale Zelle des Vorkeims zuführender offener Gang entsteht (XXI, 8—10). Einzelne der papillösen Zellen theilen sich bisweilen jetzt durch noch eine zweite Querwand (XXI, 10). In der grossen Centralzelle mit feinkörnig schleimigem Inhalte bildet sich unterdessen, wie es scheint um deren primären Kern, eine gleich bei ihrer Entstehung die Mutterzelle fast völlig ausfüllende Tochterzelle (XXI, 8, 10). — Die Centralzelle des Prothallium und die vier sie überragenden stellen das Archegonium dar. Nie entwickelt ein Prothallium der Pilularia mehr als eines.

Entwickelung und Bau des Prothallium der Pilularia minuta gleichen, soweit meine Beobachtungen reichen, völlig den im Vorstehenden geschilderten der Pilularia globulifera, mit der einzigen Ausnahme dass die Basis des Prothallium bei jener etwas stärker eingeschnürt ist, als bei dieser; dass das Prothallium mehr kugelig erscheint.

Die kleinen Sporen schwellen nach ihrem Freiwerden mässig an. Auf ihrem Scheitel weicht die äussere Sporenhaut in drei Spalten auseinander, deren Richtung den Berührungskanten der jungen Spore mit den drei in der nämlichen Mutterzelle entstandenen Schwestersporen entspricht. Die innere Sporenhaut platzt; es treten aus dem innern Raume der Spore einige kleine kugelige Zellen hervor, welche kleine Stärkekörnchen und ein linsenförmiges der Wand angelagertes Bläschen enthalten (XXI, 7). Das linsenförmige Bläschen umschliesst einen in drei bis vier Windungen aufgerollten, sehr dünnen Samenfaden, der bald im Innern der umhüllenden Zelle eine drehende Bewegung beginnt; durch Zerreissen der Zellwand endlich frei wird (XXI, 7) und in schraubenförmigen Windungen sich im Wasser umher bewegt.

Kurze Zeit nachdem solche Spiralfäden in der Nähe einer der keimenden grossen Spore sich zeigten, erscheint die grosse in der Centralzelle des Prothallium derselben entstandene Zelle in wenige Zellen getheilt. Die Anordnung dieser Zellen zeigt, dass ihre Bildung durch in der jeweiligen Endzelle

sich wiederholende Theilung der Mutterzelle mittelst nach zwei Richtungen geneigter Scheidewände erfolgte (XXI, 11, 12). — Die Zellen des Prothallium, mit Ausnahme der vier papillös nach oben gedehnten, vermehren sich während dem sehr lebhaft nach den drei Richtungen des Raumes, insbesondere die des unteren Theiles. Auch in den Zellen des vom Prothallium umschlossenen wenigzelligen Körpers — des Rudiments der neuen Pflanze, des Embryo — findet wiederholte Theilung statt, so dass der Embryo bald zu einem stark gewölbt brodförmigen Körper sehr kleiner würfeliger Zellen wird (XXI, 13, 14[a b]).

Das eine, dem Hohlraume der grossen Spore abgewandte, schief nach oben zeigende Ende desselben lässt bald eine die andern Theile überwiegende Entwickelung erkennen. Es wandelt sich um zu einem im Laufe der Entwickelung immer spitzer werdenden Kegel; die Vermehrung der Zellen erfolgt durch andauernde Theilung der Scheitelzelle mittelst wechselnd geneigter Wände, und Theilung der so entstehenden Zellen zweiten Grades durch radiale, darauf durch der Längsachse des Kegels parallele Wände; im Wesentlichen gleicht die Art der Zellenvermehrung derjenigen des ersten Wedels der Polypodiaceen (XXI, 15). Eine nach gleicher Regel, zunächst aber sehr langsam erfolgende Zellenvermehrung tritt auch unmittelbar unter der Ursprungstelle des eben erwähnten kegelförmigen Zapfens (des ersten Wedels) hervor. Neben ihm, am entgegengesetzten obern Ende des Embryo, beginnt bald eine ähnlich gestaltete, nur stumpfere Zellgewebsmasse hervorzuspriessen (XXI, 16, 17): die erste Wurzel, eine Adventivwurzel, in Nichts verschieden von den später zahlreich entstehenden. Sie wächst gleich den Nebenwurzeln der Polypodiaceen und Equisetaceen durch Theilung einer im Inneren des Gewebes, nahe unter der Spitze des Organes gelegenen, linsenförmigen Zelle durch einander gegenüberstehende convexe Wände. Die Zellen zweiten Grades haben hier die Form einer Meniskus; die erste Theilung derselben ist die durch eine senkrechte, die Zelle halbirende Wand, nach welcher eine die letzt gebildete unter rechtem Winkel schneidende Wand entsteht. Die so gebildeten vier Zellen theilen sich noch mehrmals durch Längswände, aber nur die nach oben, der Wurzelspitze abgekehrten auch durch Querwände (XXI, 19[c]). Der Theil der Wurzel unterhalb ihres Vegetationspunktes wächst um vieles langsamer, als der oberhalb desselben. Nahe über dem Vegetationspunkte trennen sich die vier äusseren Zellenlagen der Wurzel von den zwei axilen; es entsteht eine ringförmige Luftlücke. Eine ähnliche Luftlücke bildet sich im ersten Wedel schon in dessen früher Jugend (XXI, 17). Die Zellen des Prothallium umschliessen allseitig den Embryo noch während der Entwickelung des ersten Wedels und der ersten Wurzel; sie werden in der Längsrichtung dieser Organe stark gedehnt, auch bis auf die äusserste Schicht allmälig zusammengedrückt und resorbirt. Gleichzeitig mit dem ersten Hervorsprossen der Wurzel wird der Theil des Embryo, welcher dem grossen Hohlraum der Spore zugekehrt, und von diesem durch eine einfache Zellenschicht getrennt ist, stark concav (XXI, 17). Er wölbt sich bei der ferneren Entwickelung des Embryo mehr und mehr, bis er endlich die Gestalt einer gestutzt kegelförmigen Zellmasse angenommen hat, welche eine länglich birnförmige, mit dem Innenraum der Spore im Zusammenhange stehende Höhlung umschliesst (XXI, 19). Die Zellschicht des Prothallium, welche diese Höhlung auskleidet, wird später verflüssigt.

Die ausgedehnten Theile des Vorkeims, welche scheidenartig den ersten Wedel und die erste Wurzel umhüllen, vermögen endlich dem Längenwachsthum derselben nicht mehr zu folgen, sie werden zersprengt, die Spitze des Wedels und der Wurzel tritt frei heraus. Ungefähr um die gleiche Zeit erscheint neben der Ursprungsstelle des ersten Wedels, getrennt von ihr durch das stumpfe Ende der

künftigen Hauptachse, der zweite Wedel: ein konisches Wärzchen (XXI, 19, 19b), welches durch dauernde Vermehrung der Zellen seines Scheitels rasch in die Länge wächst.

Bei weiterer Ausbildung der Pflanze strecken sich die Stengelglieder sehr beträchtlich; die Endknospe, stets ziemlich spitz kegelförmig, wie auch die jungen Wedel, welche denen von Polypodium gleich der Oberseite der kriechenden Hauptachse zweireihig aufgesetzt sind, wächst durch dauernde Theilung der Scheitelzelle mittelst wechselnd geneigter Wände, und Theilung der Zellen zweiten Grades in der den Endknospen und Fruchtanlagen der Laubmoose, den Hauptachsen der Polypodiaceen, den Stengeln der Equisetaceen u. s. w. gemeinsamen, im Laufe dieser Schrift oft geschilderten Weise (XXI, 26). Aus der Unterseite des Stengels, in der nächsten Nähe der Endknospe sprossen zahlreiche, diese umhüllende, zweizellige Haare (XXI, 26), weiter rückwärts dicht unter der Ursprungsstelle je eines Wedels Nebenwurzeln hervor. Die der Aussenwand der Frucht aufsitzenden Haare erinnern durch spät, nach völliger Ausbildung der Scheitelzelle, eintretende und oft sich wiederholende Quertheilung der Basalzelle lebhaft an die Spreublättchen der Polypodiaceen.

Die eyförmige reife grosse Spore der Marsilea pubescens ist zu der Zeit, da sie aus der aufspringenden Kapsel hervorgetrieben wird, von ähnlicher Beschaffenheit mit der der Pilularia globulifera. Der Innenraum der Spore ist mit einer sehr zarten Membran ausgekleidet, die bei Behandlung mit Aetzkali durch schwaches Aufquellen etwas deutlicher wird. Ihr ist zunächst eine ziemlich dicke Schicht von gelblicher Farbe, glasartiger Beschaffenheit aufgelagert. Mit Ausnahme des Scheitels der Spore, der Stelle, welche ihren Berührungsflächen mit den drei, in der nämlichen Mutterzelle mit ihr entstandenen Schwestersporen entspricht, wird diese glasartige Haut umhüllt von einer aus radial gestellten, prismatischen Stücken zusammen gesetzten äusseren Sporenhaut, aus welcher hervor auf der Spitze der Spore eine Ausstülpung der mittleren Sporenhaut in Form eines stumpfen Wärzchens ragt. Die Spore wird umschlossen von einer dicken Schicht wasserklar durchsichtiger, homogener, ziemlich fester Gallerte, welche den Scheitel der Spore fast um deren ganze Länge überragt. Durch diese Gallertmasse hindurch führt auf die Ausstülpung der inneren Sporenhaut zu ein bauchiger Gang. Auf dem Grunde desselben finden sich die Reste der mit der Spore in der nämlichen Mutterzelle entstandenen drei Schwesterzellen: verschrumpfte tetraëdrische kleine Zellen, welche mit einer ihrer Spitzen der warzigen Ausbauchung der Innenschicht der äusseren Haut der Spore aufsitzen (XXII, 22, 23).

Der Innenraum der Spore ist erfüllt von einer Emulsion eyweissartiger Substanz und gelben Oels, und zahlreichen grösseren und kleineren Amylumkörnchen. Die grösseren zeigen deutliche Schichtenbildung, bisweilen auch Andeutungen von Zwillingskörnern (XXII, 31). Die Ausstülpung des Scheitels der Spore wird durch eine sehr zarte Scheidewand vom übrigen Inhaltsraume derselben getrennt. Sie stellt eine Zelle für sich dar, die von feinkörnigem Schleime erfüllt ist. Bei Behandlung mit Aetzkali lässt sich in ihrem Mittelpunkte ein Zellenkern von abgeplattet ellipsoïdischer Form unterscheiden (XXII, 23). Diese Zelle ist die Mutterzelle des Prothallium.

Die Keimung beginnt wenige Stunden nach dem Hervortreten der Spore aus der sich öffnenden Frucht. In der Anfangszelle des Prothallium erscheinen zwei neue Zellenkerne an der Stelle des verschwindenden primären (XXII, 25); bald darauf wird die Zelle durch eine senkrechte Wand in zwei Längshälften getheilt (XXII, 26). In beiden wiederholt sich die Längstheilung durch eine zur vorher entstandenen rechtwinklige Wand (XXII, 27). Währenddem tritt in der schleimigen Inhaltsflüssigkeit der

zwei bis vier Zellen orangerother Farbstoff in Form kleiner Bläschen (oder Tröpfchen?) auf. Durch eine Reihenfolge von Zweitheilungen wandelt das Prothallium sich in eine halbkugelige Zellenmasse um (XXII, 28, 30) bestehend aus einer Centralzelle mit schleimigem Inhalte, die getragen wird von einer Doppelschicht, umhüllt von einer dreifachen Lage enger Zellen. Die vier Längsreihen von Zellen, welche den Scheitel der Centralzelle überragen, weichen an ihren Berührungskanten auseinander; es bildet sich ein offener, auf jene Zelle zuführender enger Gang (XXII, 29).

Der Bau des Prothallium von Marsilea gleicht somit in den wesentlichen Stücken dem von Pilularia; nur ist es massiger, und weicht in dem untergeordneten Punkte von Pilularia ab, dass die Zellen, welche die Mündung des auf die Centralzelle zuführenden Ganges bilden, sich nicht papillös dehnen. Hier wie dort geht das ganze Prothallium ein in die Bildung des einen Archegonium.

Die mir zu Gebote stehenden Sporen von Marsilea entwickelten sich nicht weiter. Die aus denselben, 8 ½ Jahre alten Früchten* gleichzeitig entleerten kleinen Sporen zeigten keinerlei Veränderung; es scheint dass diese ihre Keimkraft früher einbüssen, als die grossen. Die Prothallien starben ab als sie den zum Befruchtetwerden nöthigen Grad der Entwickelung erreicht hatten, da die der umgebenden Flüssigkeit beigemengten kleinen Sporen keine Samenfaden entwickelten. Die gleiche Erscheinung beobachtete ich an Pilularia minuta.

Die keimfähigen grossen Sporen der Salvinie erscheinen zur Zeit der Reife, im Spätherbst, als 1/7 bis 1/5''' im Längsdurchmesser haltende, ellipsoïdische Zellen, umkleidet von einer dicken, äusseren Sporenhaut, an welcher eine innere, hornartige und eine äussere körnige lockerere Schicht sich unterscheiden lassen (XXII, 1). Am Scheitel der Spore — demjenigen ihrer Pole, welcher dem Stiele des sie eng umschliessenden Sporangium abgewandt ist — zeigt die äussere Sporenhaut eine Trennung in drei Lappen, deren Grenzen den Berührungskanten der jungen Spore mit den drei Schwesterzellen entsprechen, welchen gleichzeitig sie in derselben Mutterzelle entstand.

Der Inhalt der Spore gleicht einer Mengung von Oel und Eyweiss. Kugelige, kleinere und grössere Tropfen einer halbflüssigen Substanz, in einer dünneren Flüssigkeit schwimmend, füllen den Innenraum der Spore. Die Scheitelgegend desselben wird von einer grösseren Anhäufung solchen Schleimes eingenommen. Die Entwickelungsgeschichte der Spore, die halbreif von zarten rundlichen Bläschen gefüllt erscheint, wie auch das Verhalten jener sphärischen Massen bei der Keimung machen es nicht unwahrscheinlich, dass jene grösseren Tropfen, zum Theil wenigstens, zellige Bildungen seien, welche sich mit Nahrungsstoffen, für die Keimpflanze bestimmt, füllten.

Während des Winters verwesen die Wandungen der Sporenfrüchte. Die Sporangien, die sowohl, welche je eine grosse, als die welche kleine Sporen einschliessen, fallen von ihren Stielen ab und werden im ersten Frühjahr von den in ihrer Nachbarschaft sich entwickelnden Confervenmassen zur Oberfläche des Wassers empor getragen. In den letzten Wochen des März zeigt sich am Scheitel der Spore zwischen den auseinanderweichenden drei Lappen der äusseren Sporenhaut ein schön smaragdgrüner, stumpf dreikantiger Zellenkörper: das Prothallium.

Seine erste Entstehung ist schwer zu ermitteln. Gewiss ist, dass er innerhalb der Sporenzelle

---

* Die ich der Güte Alex. *Braun's* verdanke; sie stammen von derselben Erndte (gesammelt 1842 bei Montpellier) welche das Material zu dessen und *Mettenius'* Untersuchungen gab.

entsteht, nicht auf ihr. Seine Lage in solchen Sporen deren Keimen vor Kurzem erst begann, und in denen er von der äusseren Sporenhaut noch völlig umhüllt und verborgen ist (zu welcher Zeit seine Zellen noch kein Chlorophyll enthalten), lässt darüber keinen Zweifel (XXII, 2, 3). Die Anordnung seiner Zellen, wie auch die Analogie mit den nahe verwandten Marsilea und Pilularia machen es fast zweifellos, dass er aus andauernder Theilung jener grösseren zellenartigen Anhäufung von Schleim hervorgeht, welche die Scheitelwölbung der Spore einnimmt.

Auf der Oberfläche des Vorkeims zerstreut, vorzugsweise an den Stellen, welche den Lücken zwischen den drei Lappen der äusseren Sporenhaut entsprechen, finden sich Gruppen von je vier Zellen, augenscheinlich entstanden aus der zweimaligen Theilung einer einzelnen Zelle, zwischen denen ein enger Intercellulargang nach Innen auf eine grössere Zelle zuführt, die durch ihren Inhalt, einen blassgelblichen feinkörnigen Schleim, von den übrigen chlorophyllführenden Zellen des Vorkeims auffällig absticht. Diese Gebilde entsprechen dem Organ an der Spitze des Vorkeims von Pilularia, in welchem die junge Pflanze sich bildet. Ich werde sie, wie jenes, im folgenden als Archegonien bezeichnen. Das erste Archegonium entsteht auf dem Scheitel des Prothallium (XXII, 2); die tiefer gelegenen bilden sich später (XXII, 4, 5).

Während dieser Veränderungen an den grossen Sporen sind auch die Sporangien, welche kleine Sporen enthalten, zu Gruppen vereint oder auch einzeln zur Oberfläche des Wassers emporgestiegen. Wie durch *Mettenius** bekannt sind schon im Herbste, beim Absterben der Mutterpflanze, die je in einem reifen Sporangium enthaltenen kleinen Sporen fest mit einander verklebt, sie lassen sich nicht vereinzeln, ihre Umrisse sind kaum zu erkennen. Dasselbe findet auch im Frühjahr noch statt. Unterwirft man aber zu dieser Zeit ein solches Sporangium unter dem Mikroskope gelindem Drucke, so sieht man zwischen den Fugen der auseinanderweichenden Zellen seiner Wand sphärische, meist länglich ellipsoïdische Zellen hervortreten, welche durch zarte Scheidewände in zwei bis sechs Fächer getheilt sind, gefüllt mit feinkörnigem Schleime, in welchem einer oder mehrere Zellenkerne schwimmen; später enthält jedes solche Fach eine bis vier freie rundliche Zellchen (XXII, 14—16). Jedes dieser Zellchen umschliesst einen spiralig aufgerollten Faden, ein Spermatozoïd, das, wenn es durch Zerreissung der Wand des Zellchens freigeworden, im Wasser sehr lebhaft umherfährt (XXII, 18—21). Manche dieser Zellchen — ich halte sie für minder entwickelte — enthalten statt des spiraligen Fadens im Centrum ein wasserhelles Bläschen (Zellenkern?) in dessem Inneren bisweilen einige dunkle sphärische Schleimklümpchen (Kernkörperchen?) sich zeigen (XXII, 17). Die Bewegungen der Spermatozoïden gleichen völlig denen der Polypodiaceen, sowohl was die Richtung, als was die Schnelligkeit betrifft. Auch die Bekleidung derselben mit schwingenden Wimpern stimmt mit jenen überein.

In dem Wasser in welchen Salvinia keimte fand ich zu öfteren Malen, in verschiedenen Jahren, zahlreiche solche Spermatozoïden umher schwimmend. Es unterliegt keinem Zweifel, dass sie auch im natürlichen Laufe der Dinge aus den Sporangien mit kleinen Sporen durch allmälige Zerstörung der Wandung befreit werden.

Die Grösse und Form der aus wenigen Zellen bestehenden sphärischen Körperchen, in welchen die Samenfäden entstehen, lässt mich vermuthen, dass sie nichts anderes sind als die innere primäre

* Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen, Frankfurt a. M. 1846. S. 19 ff.

Haut der kleinen Sporen, welche nach Abstreifen ihrer äusseren Hülle durch Längs- und Querwände sich theilten. — Sporangien, aus denen derartige Antheridien entleert wurden, lassen noch im Innern die Umrisse der unter einander verkitteten Exosporien erkennen. Selbst nach der stärksten Quetschung pflegen solche Sporangien ihre alte Form so ziemlich wieder anzunehmen. — Es gelang mir nicht, durch Zergliederung unter dem Mikroskop kleiner Sporangien beim Anfange der Keimung eine klare Anschauung vom Vorgange beim Entstehen der Antheridien zu gewinnen.

In der Basalzelle eines der Archegonien entsteht die junge Pflanze; wahrscheinlich in Folge einer durch die Spermatozoïden bewirkten Befruchtung. Auch ich beobachtete, dass von den kleinen Sporen führenden Sporangien sorgfältig getrennte grosse Sporen wohl ein Prothallium aber keinen Embryo entwickeln. Sehr selten entstehen in demselben Prothallium zwei Embryonen; ich sah diesen Fall nur einmal. — In ihren jüngeren Zuständen erscheint die junge Pflanze als ein Kügelchen kleinmaschigen, von grauem körnigen Schleim erfüllten Zellgewebes (XXII, 6). Etwas später zeigt sie eine abgerundete, dem nach Aussen führenden Intercellulargange des Archegoniums abgewendete, auf den Innenraum der Spore zuweisende Spitze (XXII, 7), das Ende der primären Achse der jungen Pflanze. Diese erste Achse vermehrt die Zahl ihrer Zellen nicht weiter. Bald aber bildet sich neben ihr, durch wiederholte Theilung einer Reihe von Zellen der Oberseite des Embryo mittelst wechselnd nach zwei Richtungen geneigter Wände (XXII, 8, 9) ein flacher, blattartiger Auswuchs des Embryo: die Anlage des ersten Wedels. In dem Winkel zwischen ihr und der Hauptmasse des Embryo entsteht eine Achse zweiter Ordnung, welche später als Hauptachse der Pflanze erscheint. Zunächst erscheint sie als sehr stumpfe Hervorragung (XXII, 8, 9); ihr Wachsthum in die Länge ist fürs Erste sehr langsam. Bald entspriessen ihrer unteren, dem ersten Wedel abgewendeten Seite einer (XXII, 10) bis drei (XXII, 11) jener schmächtigen blattlosen Zweige mit begrenztem Wachsthum, welche von den älteren Schriftstellern durchgängig als Nebenwurzeln betrachtet werden.* Es wachsen diese Zweige durch wiederholte Theilung einer Scheitelzelle mittelst wechselnd nach zwei Richtungen geneigter Wände, Theilung der Zellen zweiten Grades durch eine radiale Längs-, darauf durch eine auf der Achse senkrechte Querwand (XXII, 11^b). Später theilen sich die Zellen durch der Achse parallele Wände in innere und äussere (XXII, 13), welche Theilung in den Zellen des Umfangs mehreremale wiederkehrt.

Wie bekannt wird das Prothallium von Salvinia nicht durch das allmälige Längenwachsthum des ersten Wedels oder der Achse zweiter Ordnung zersprengt, sondern durch die plötzlich eintretende beträchtliche Längsdehnung der wenigen Zellen der Achse erster Ordnung. Diese, zu einem langcylindrischen Stiele sich verlängernd, hebt den ersten Wedel und die von ihm bedeckte Knospe hoch aus dem Risse des Prothallium, welches unterdessen zwei seitliche, längs der Spore herabhängende Fortsätze entwickelte.**

Die Rhizocarpeen haben von je die Aufmerksamkeit der Botaniker in hohem Grade auf sich gezogen;*** insbesondere ihre Keimung. Die Kenntniss derselben war durch *Bischoffs* Untersuchungen

* Die richtige Deutung derselben ist von *Mettenius*, Beiträge zur Botanik, Hft. 1 (Heidelberg 1850), S. 15.

** Der oft abgebildete Vorgang ist besonders klar dargestellt von *Schleiden* in *Schnizleins* Iconographia familiarum naturalium, Bonn, Heft VI, Nachträge Tf. II, f. 14—16.

*** Die ältere Literatur findet sich aufs erschöpfendste abgehandelt in *Mettenius*' Schrift: Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen, Frankfurt a. M. 1846, S. 1.

schon weit gediehen, als *Schleiden's* bekannte Arbeiten* die Sache völlig verwirrten. *Schleiden* gab an, die kleinen Sporen (nach seiner Terminologie Pollenkörner) trieben einen Schlauch, welcher in das von den grossen Sporen (Eychen) entwickelte Prothallium (Kernwarze *Schl.*) eindringe und dort sich zum Embryo umwandele. Diese Aussprüche that *Schleiden* mit einer Bestimmtheit, die jeden Zweifel ausschliessen musste, wenn nicht nahezu unbegreifliche Beobachtungsfehler vorausgesetzt werden sollten. Trotz mancher Bedenken wagte denn auch *Mettenius* es nicht, in seiner, an trefflichen und genauen Beobachtungen reichen Schrift: »Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen,« an dieser Auffassung *Schleiden's* zu rütteln, trotzdem, dass er auch nicht eine der entscheidenden Beobachtungen *Schleiden's* bestätigen konnte. Sehr gewichtige Bedenken sprach *Nägeli* aus.** Er sah die kleinen Sporen von Pilularia nie Schläuche treiben, machte aber die wichtige Entdeckung, dass in ihnen die Mutterzellchen der Samenfäden entstehen. Auch wies er aufs Neue nach, dass die vier papillösen Zellen der Mündung des Archegonium, welche *Schleiden* wunderbarer Weise für »der Kernwarze aufsitzende Pollenkörner« erklärt, »welche Schläuche entwickelt haben,« dieses nicht sein können, dass sie vielmehr vom Prothallium abstammen. — Die Grundzüge der oben gegebenen Darstellung veröffentlichte ich schon vor einiger Zeit.*** In einer wenig später erscheinenden Schrift trat *Mettenius* meiner Auffassung bei.****

LYCOPODIACEEN.

Tafel XXIII, XXIV, XXV, XXVI.

Das fortwachsende Ende des Stengels der Arten von Selaginella, deren Blätter nach $2\frac{1}{2}$ stehen, hat die Form eines seitlich stark abgeplatteten kegelförmigen Zäpfchens. Es überragt weit die Ursprungsstelle des jüngsten Blattpaares (XXIII, 8; XXIV, 1—8, 19; XXV). Die Vermehrung seiner Zellen erfolgt zunächst durch dauernde Theilung einer einzelnen, die Spitze des stumpfen Kegels einnehmenden Zelle mittelst wechselnd rechts und links, je gegen eine der schmalen Seiten der Endknospe geneigter Scheidewände. Die Gestalt dieser Zelle ist die des Ausschnitts eines Ellipsoïds. Der Entstehung jener Scheidewände, wie allen Theilungen von Zellen des Stengelendes, geht voraus das Verschwinden des primären Kerns der Zelle (eines in der, von zahlreichen Körnchen getrübten Inhaltsflüssigkeit freischwimmenden kugeligen Bläschens), die Bildung zweier neuer, kleinerer Zellenkerne, und das Auftreten einer dunkeln Linie zwischen beiden neu entstandenen Zellenkernen. Diese Linie verschwindet leicht, schon bei längerer Einwirkung reinen Wassers; ihre Richtung deutet die der künftigen Scheidewand an.

* Grundzüge, 2. Aufl. S. 101 (in der 3. Aufl. finden sich keine wesentlichen Zusätze.)
** Zeitschrift f. Botanik. Hft. 3 u. 4 (Zürich 1846) S. 188.
*** Berliner botanische Zeitung. 7. Jahrg. (1849) N. 45.
**** Beiträge zur Botanik, 1. Heft. Heidelberg 1850.

Sie ist die Profilansicht der Berührungsfläche der zwei Theilhälften des Primordialschlauchs der Mutterzelle (XXIII, 9—11; XXIV, 9, 10).

Die zweitjüngste, der Scheitelzelle benachbarte Zelle des Stengels zerfällt, gleichzeitig mit dem Beginn einer neuen Theilung jener, durch eine die schmale Seite der Endknospe schneidende, nicht genau senkrechte (gegen eine der breiten Seiten des Stengelendes schwach geneigte) Längswand in zwei Hälften (XXIII, 14; XXIV, 11). Jede derselben wird durch eine Längswand, welche die letztentstandene Wandung, wie auch die Grenzwand der aus Vermehrung der nächstjungen Zelle zweiten Grades hervorgegangenen Nachbarzelle unter 45° schneidet, in eine innere und äussere Zelle getheilt. Die erstere ist ein dreiseitiges Prisma, die letztere ein vierseitiges mit gekrümmter Aussenfläche (XXIII, 9—11; XXIV, 1, 7). Häufig geht bei Selaginella Galeottii, seltener bei anderen Arten, dieser letztern Zellenverdopplung die Entstehung einer Wand vorher, welche die obere und die freie äussere Wand der Zelle dritten Grades unter einem sehr spitzen Winkel schneidet (XXIV, 8, 9, 10). Diese Abweichung von der, bei Selaginella denticulata, helvetica, viticulosa, Martensi und anderen gewöhnlicheren Reihenfolge der Zellenvermehrung hat die Einschiebung eines Halbgürtels keilförmiger Zellen zwischen je zwei aus Vermehrung einer Zelle zweiten Grades hervorgegangene Zellengruppen zur Folge. In diesem Falle erfolgt die Theilung durch eine der Achse des Stengels parallele Wand in eine innere und äussere Zelle nur in der grösseren unteren Theilhälfte der Zelle dritten Grades.

Die äussere Zelle vierten Grades des Stengels von Selaginella denticulata, helvetica u. s. w. wird in zwei ungleiche Hälften zerlegt durch das Auftreten einer Längswand, welche der freien Aussenfläche der Zelle sehr nahe der ursprünglichen Seitenwand der Zelle zweiten Grades in radialer Richtung angesetzt ist. Die grössere beider Hälften theilt sich nochmals durch eine radiale Längswand (XXIII, 14; XXIV, 11). Die vier, aus Vermehrung der Zelle dritten Grades hervorgegangenen Zellen werden jetzt sämmtlich durch Membranen quer getheilt, welche parallel sind der früheren Grenzwand der Zelle zweiten Grades und der Scheitelzelle (XXIII, 9; XXIV, 1, 6, 7). Diese letztere Theilung pflegt in den inneren Zellen etwas später vor sich zu gehen, als in den äusseren. — Bei Selaginella Galeottii erfolgen die gleichen Theilungen durch zur Achse des Stengels radiale Längswände in beiden der Peripherie der Endknospe angrenzenden Theilhälften der Zelle dritten Grades, in der oberen keilförmigen, fünfflächigen sowohl als in der unteren sechsflächigen. Die Theilung durch eine horizontale Querwand aber findet nur in der inneren Zelle statt. Dadurch wird die Verschiedenheit der Weise der Zellentheilung von derjenigen der Selaginella denticulata wieder ins Gleiche gebracht (XXIV, 8, 9).

Ein Querschnitt durch das Stengelende unmittelbar unter dessen Spitze zeigt vier axile Zellen, bei denen keine der drei Richtungen des Raumes vorwiegt, umgeben von einem einfachen Kranze zwölf etwas radial gestreckter Zellen. Je zwei derselben bilden eine der schmalen, je vier eine der breiten Seiten der Endknospen. Die seitlich zusammen gedrückte Form des Stengels ist schon dicht unter dem Scheitel seines fortwachsenden Endes angelegt (XXIII, 8b).

Zunächst wächst der Achsentheil oberhalb des jüngsten Blattes beträchtlich in die Dicke; er vermehrt die Zahl der Zellen seines Durchmessers und seines Umfangs durch wiederholte Theilung der beiden äussersten Zellschichten seines unteren Theiles mittelst radialer und der Längsachse des Stengels paralleler Längswände. Nahe der Ursprungsstelle des jüngsten Blattes erfährt das Längenwachsthum des

Stengelendes der S. denticulata eine beträchtliche Beschleunigung durch Theilung der Zellen seines Umfangs mittelst horizontaler Querwände (XXIII, 10, 11; XXV, bei a).

Acht bis zehn Zellen, von der Scheitelzelle der Endknospe abwärts gezählt, beginnt die Bildung der beiden jüngsten Blätter. Zwei wagerechte, einander opponirte Reihen von Zellen, deren jede ein Viertheil des Stengelumfangs einnimmt, theilen sich gleichzeitig durch abwärts geneigte Wandungen (XXIII, 36). In den äusseren, dreiseitig prismatischen der neu entstandenen Zellen erfolgt darauf Theilung durch eine entgegengesetzt geneigte Wand (XXIII, 37). Das junge Blatt, von oben betrachtet, erscheint jetzt als schmaler, ein Viertheil des Stengelumfangs umfassender Saum (XXIII, 8^b). Durch fortgesetzte Theilung der Zellen seines Vorderrandes mittelst wechselnd gegen die obere oder die untere Blattfläche geneigter Wände wächst es rasch in die Länge (XXIII, 37, 38; XXV bei b). Diese Vermehrung der Zellen ist in der Mitte des Vorderrands weit lebhafter, als an dessen Seiten. Die Form des Blattes würde schon frühe eine spitzige werden, wenn die beiden mittelsten Zellen des Vorderrands nicht häufig, in der Jugend des Blatts fast stets nach je zwei Theilungen durch gegen die Blattflächen geneigte Wände, durch auf diesen Flächen senkrechte, von der Längslinie des Blattes schwach divergirende Längswände sich theilten. Gleiche Theilungen erfolgen ab und zu in den äusseren der der Mitte des Vorderrands nahen Zellengruppen des Blatts (XXIII, 40, 41; XXIV, 14). Die ursprünglich parallelreihige Anordnung der Zellen des Blatts wird dadurch bald zu einer strahligen, fächerartigen. Durch die wiederholte Theilung sämmtlicher Randzellen des Blattes verbreitert auch dessen Basis sich sehr beträchtlich. Die dort neu sich bildenden Zellen verwachsen nicht mit den benachbarten Zellen des Stengelumfangs, sondern entwickeln sich selbstständig, stellen am ausgebildeten Blatte die Anhängsel des Grundes desselben dar, welche vorzugsweise zur Unterscheidung der Arten benutzt werden. — Im grössten Theile seiner Ausdehnung bleibt das Blatt von Selaginella (Martensi, Galeottii) eine Doppelschicht von Zellen; nur die Zellen eines breiten, der Mittellinie beiderseits angrenzenden Längsstreifens theilen sich wiederholt durch den Blattflächen parallele Wände, ab und zu wechselnd mit auf ihr senkrechten. In den inneren Zellen der so sich bildenden, auf der Unterseite des Blattes vorspringenden Längsrippe erfolgen beide Theilungen öfter als in den äusseren. Der Strang engerer Zellen, welcher auf solche Weise in der Längsachse der Mittelrippe entsteht, wandelt später sich zum Gefässbündel um (XXV, bei g).

Gleichzeitig mit dem Anfang der Verdickung der Mittelrippe beginnt eine Längsdehnung der Spitze des Blattes, der durch öftere Theilungen ihren Nachbarzellen inzwischen beträchtlich vorausgeeilten mittelsten Zellen des Vorderrandes. Die Wände dieser Zellen verdicken sich; an der Stelle des schwach grünlichen Schleims, welcher bis dahin die Zelle gleichmässig ausfüllte, erscheinen scharf umgrenzte Chlorophyllkörperchen, schwimmend in der durchsichtig gewordenen Inhaltsflüssigkeit. Nach dem Eintritt dieser Vorgänge erfolgt noch eine Vermehrung der Zellen der Blattbasis: die mindestens einmalige Theilung der Zellen derselben, soweit sie Flächen des Blattes darstellen, durch auf diesen Flächen senkrechte Längs- und Querwände. Die Zellen der Unterseite theilen sich dabei einmal öfter durch zur Längslinie des Blattes rechtwinklige Wände, als die der Oberseite. Sie sind am ausgebildeten Blatte stets um die Hälfte kürzer, als jene, die dafür einmal öfter durch Längswände sich theilen, so dass sie nur halb so breit sind, als die der Unterseite.

Die Doppelreihe von Zellen der Blattoberfläche, welche in dem Winkel zwischen Blatt und Stengel steht (welche unmittelbar dem Umfange des Stengels angrenzt), nimmt keinen Theil an diesen

Theilungen. Diese Zellen bleiben bedeutend grösser als ihre Nachbarinnen (XXV bei c). Ihre freie Wand wölbt sich nach oben; die dem Stengel fernere beider Zellen theilt sich darauf durch eine von der Längsachse des Stengels abgeneigte Wand. Die in Form eines Walles sich erhebende Doppellage von Zellen erhält dadurch eine Reihe von Scheitelzellen. Diese fahren fort, durch wechselnd nach zwei Richtungen geneigte Scheidewände sich zu theilen; in Folge davon sprosst aus der Oberseite der Blattbasis ein flacher, häutiger Zellenkörper hervor (XXIII, 4, 7, 42; XXV bei d, e): das von *K. Müller** zuerst beobachtete, von ihm als »Nebenorgan« bezeichnete Gebilde; eine Stipularbildung, welche die meisten Vergleichungspunkte mit dem Krönlein des Perigons der Narcisse bietet. Ich werde das Organ im Folgenden schlechthin als Nebenblatt bezeichnen.

Die Zellen des Nebenblattes, welche über die Blattfläche sich erheben, theilen sich schon sehr frühe durch auf der Ober- und der Unterseite des Nebenblatts senkrechte Längswände (XXIV, 18), später auch durch zu den Flächen des Organs rechtwinklige Querwände. Diese Vermehrung dauert in der Basis des Nebenblatts noch einige Zeit fort, nachdem die der Scheitelzellen schon endete (XXV, bei e).

Später mehrt das Organ durch Theilung der Zellen seines unteren Theiles parallel den Flächen die Zahl seiner Zellen auch in Richtung der Dicke (XXIII, 43; XXV bei e). Die Doppelreihe der der Blattsubstanz eingesenkten Basalzellen vermehrt dabei sich nicht, nimmt aber an Grösse beträchtlich zu. Naht das Ende des Längenwachsthums des Nebenblatts, so theilen bei Selaginella Galeottii und Anderen die Scheitelzellen desselben sich nur noch durch auf den Flächen senkrechte Querwände: das obere Ende des Nebenblatts wird eine einfache Zellenschicht. Der Rand derselben erscheint, durch papillöses Auswachsen der einzelnen Zellen, bei allen Arten zierlich gefranzt (XXIII, 44). Die Zellen des Nebenblatts enthalten körnigen, farblosen oder grauen (bei durchfallendem Lichte röthlichen) Schleim. Nie tritt in ihnen Chlorophyll auf. Gleich den Nebenblättern der grossen Mehrzahl von Phanerogamen, welche Stipularorgane besitzen, endet auch das Nebenblatt von Selaginella seine Entwickelung weit früher, als das Blatt dem es angehört. Nur auf den dicht gedrängten Blättern der Knospe ist es in voller Lebensthätigkeit zu finden; in den Achseln solcher Blätter, zwischen denen der Stengel seine letzte Längsdehnung begann, ist es stets verschrumpft und unscheinbar. Der Monograph der Familie, *Spring*, kennt das Organ nicht aus eigener Anschauung.**

Die Region des jungen Blatts, welche durch wiederholte Theilung parallel der Fläche der Zellen der Unterseite zur Mittelrippe desselben sich umwandelt, entspricht in ihrer Breite genau der Anheftungsstelle des Blattes, welche wie schon erwähnt in dessen frühester Jugend, und auch noch zu der Zeit da die Bildung des Mittelnerven beginnt, ein Viertheil des Stengelumfanges beträgt. Später sinkt sie auf einen weit niedrigeren Bruchtheil desselben, da nach Anlegung des Blattes der Stengel fortfährt, die Zellen seines Umfanges zu vermehren. — Nur durch je eine Zellenreihe sind die Querreihen von Zellen des Stengelumfanges von einander getrennt, aus deren Vermehrung Blätter einer und derselben der vier Längsreihen hervorgehen, in welche die Blätter der grossen Mehrzahl von Arten der Selaginellen geordnet sind. Das Wachsthum in die Dicke der Basen der dicht übereinander entstehenden Blätter, die oft sich wiederholende Theilung, parallel der Längsachse des Blattes, der Zellen des Grundes seiner Unterseite,

* Berliner botan. Zeitung, 4. Jahrg. 1846.
** Monographie de la famille des Lycopodiacées, Anhang.

verdickt, wie bei den Equisetaceen, den Umfang des Stengels. Seine Peripherie erscheint aus einer Anzahl von Zellenschichten gebildet, welche aus der Vemehrung der Zellen der jungen Blattanlage stammen (XXV von b bis e). Die axilen Zellen des Stengels, welche dem nackten, über die Anlage des jüngsten Blattes empor ragenden Ende der Knospe entsprechen, gehen grösstentheils in die Bildung des Markes ein.

Beim Herannahen der vollen Ausbildung des Blattes dehnt je die zweite der Randzellen desselben sich seitlich zu einer stumpfen Papille aus, die sich rasch in die Länge dehnt — oft sehr bedeutend, z. B. am Grunde der Oberblätter* von Selaginella Martensi, — und dabei Kegelform annimmt. Die scharfe Spitze dieser, die Zähne des Blattrandes darstellenden einzelligen Haare wird von rasch ihr sich einlagernden Verdickungsschichten bald völlig ausgefüllt; die kegelförmige Masse aus Zellstoff ähnelt durch den Lichtsaum, den ihre Ränder bei von unten durchfallendem Lichte zeigen, oft täuschend einer kleinen Zelle (XXIV, 16). — Die zwei Zellenreihen der Oberseite des Blattes, welche den Randzellen zunächst angrenzen, zeigen bei vielen Arten bestimmte Anhängsel der Aussenwand; bei S. Martensi z. B. zwei Längsreihen stumpflicher Wärzchen, ähnlich denen der Aussenseite der Haare vieler Borragineen (XXIV, 16).

In den schmalen Zellen der oberen Blattfläche bilden sich mehrere Chlorophyllkörperchen: bei S. Galeottii und Martensi sehr deutlich kugelige Bläschen, in deren Innenraume einige sehr kleine Amylumkörnchen sich finden. In den quadratischen Zellen der Unterseite des Blattes tritt der grüngefärbte Schleim zu einem einzigen grossen sphärischen Ballen (Bläschen) zusammen, ähnlich wie bei Anthoceros (XXIV, 17). Da, wo die Zellen der unteren Blattfläche an die der oberen angrenzen, bildet sich, indem die Berührungskanten der Zellen der Unterseite aus dem Zusammenhang mit der fest aneinandergeschlossenen Fläche von Zellen der Oberseite des Blattes treten, ein zusammenhängendes Netzwerk von Luftlücken. Die Berührungsstelle jeder Zelle der unteren Blattfläche mit Zellen der oberen ist von einer meist sechsseitigen Luftlücke umschrieben. Nach aussen schliessen die Zellen der Unterseite des Blatts fest aneinander (XXIV, 17).

Die Lycopodiaceen im Allgemeinen, und besonders die Arten von Selaginella mit auf dem Querschnitt elliptischem Stengel geben einige der am schärfsten ausgeprägten Beispiele ächter Gabelung einer Stengelspitze, die im Pflanzenreiche überhaupt vorkommen. Bei allen Arten von Selaginella deren Blätter nach $2^1/_2$ stehen, erfolgt ziemlich ausnahmslos** eine Gabeltheilung des Stengels je nach vier Blattumläufen, auch bei den Arten, deren Sprossen auf eine weite Strecke scheinbar völlig einfach und ungetheilt sind. Auch bei S. viticulosa, cordifolia wird man an dem unteren Theile der aus dem kriechenden Stamme hervorbrechenden aufrechten Sprossen zweiter Ordnung, zwischen je dem vierten Ober- und Unterblatte wechselnd der rechten und der linken Kante des Stengels verborgen, eine rudimentäre wenigblättrige Achse finden. Wird der aufrechte Trieb niedergebrochen, so pflegen diese ausserdem fehlschlagenden Knospen sich zu aufrechten Sprossen zu entwickeln.

Wenn das Stengelende sich zur Gabelung anschickt, so theilt sich die Scheitelzelle, anstatt durch eine der letztentstandenen Wand entgegen gesetzt geneigte, durch eine streng verticale. In beiden neu gebildeten Zellen wiederholt sich ein- bis mehreremale diese Theilung (XXIII, 7, 10, 12). In den

* Der intermediären Blätter *Spring's*.
** Die einzigen mir bekannten Ausnahmen zeigt hin und wieder S. helvetica.

beiden äussersten Zellen der so entstehenden, den Scheitel des Stengelendes krönenden Reihe von Zellen erfolgt eine Theilung durch eine von der Achse des Sprosses stark divergirende Wand. Die keilförmige der beiden neugebildeten Zellen wird sofort durch eine entgegengesetzt geneigte getheilt. Damit ist die Entwicklung zweier neuer Sprossen in der oben (S. 111) geschilderten Weise eingeleitet (XXIII, 7, 10).

Viele Arten, S. Martensi, Galeottii, viticulosa z. B. zeigen dabei ein Verhalten, welches an das der Aneuren erinnert. Wechselnd je die rechte oder die linke Gabeltheilung des Stengels entwickelt sich stärker als die andere, und drängt sie zeitig völlig zur Seite (XXIV, 19). Diese Arten besitzen scheinbar einen Hauptspross, welcher nach rechts und links Nebensprossen entsendet. Bei S. denticulata, helvetica u. A. dagegen ist die Entwickelung beider Gabeltheilungen der Endknospe in die Länge und Dicke völlig gleichmässig. Das in der Theilung begriffene Stengelende nimmt hier zunächst Spatelform an (XXIII, 11); in Folge des raschen Längenwachsthums der beiden, die Ecken der spatelförmigen flachen Zellenmasse darstellenden Gabelsprossen erscheint deren Vorderrand bald tief eingekerbt (XXIII, 4, 6, 9). In einer Beziehung ist jedoch selbst hier ein Vorwiegen der Entwickelung der einen Gabeltheilung angedeutet: wechselnd die rechte und die linke Gabeltheilung bildet vor ihrer Schwestersprossung ein Unterblatt,* noch bevor die Zweitheilung des Stengelendes sich deutlich herausstellt. Dieses Blatt steht in Folge davon scheinbar auf der Mitte der Unterseite des gabelnden Stengelendes (XXIII, 6). Bei der späteren Ausbildung des Sprosses erscheint es mehr zur Seite gerückt.

Jeder Spross von Selaginella wird in seinem oberen Theile von zwei dünnen cylindrischen Holzbündeln durchzogen, deren Lage den Brennpunkten der Ellipse entspricht, welche ein Querschnitt des Stengels darstellt. Gegen den Grund des Sprosses hin, nahe der Vereinigungsstelle mit der ihm gleichwerthigen Gabeltheilung des Stengels, fliessen beide Bündel in ein einziges zusammen (XXIII, 4). Die Differenzirung dieser Gefässbündel von dem sie umgebenden Gewebe des Stengels erfolgt bei Selaginella Galeottii erst unterhalb des drittjüngsten Blattes (XXV), indem die zur Bildung des Gefässbündels bestimmten Zellen durch zur Stengelachse radiale und ihr parallele Längswände wiederholt sich theilen; — noch später bei S. denticulata, erst geraume Zeit nach dem Beginn der Gabeltheilung des nackten Endes des betreffenden Sprosses. Die bei dieser Art besonders regelmässige Gabelverästelung der Gefässbündel jedes Sprosses** steht hier in offenbarem Zusammenhange mit der Reihenfolge der Gabeltheilungen des Stengels.

An der bedeutenden Längsdehnung der Zellen des Stengels, welche die Blätter weit von einander entfernt, und so eigentlich erst die scharfe Sonderung zwischen Stengel und Blättern bewirkt, nehmen die den Gefässbündeln zunächst angrenzenden Zellen keinen Theil. Die Streckung der ihnen benachbarten Zellen der Rinde und des Markes sowohl, als des Gefässbündels selbst, entfernt jene Zellen bald von einander, so dass sie als verhältnissmässig dünne Fäden erscheinen, welche das inmitten einer hohlcylindrischen Luftlücke stehende Gefässbündel mit dem übrigen Gewebe des Stengels verbinden. Diese Zellen theilen später sich mindestens einmal durch eine Querwand bei den Arten, an welchen jene Luftlücke einen verhältnissmässig geringen Durchmesser hat, wie bei S. Martensi; zu mehren malen da wo die Luftlücke eine beträchtliche Entwickelung erreicht, wie bei S. helvetica.

* Feuille primaire *Spring*.

** Vergleiche *Kaulfuss* Wesen der Farrnkräuter S. 25.

Von den Gefässbündeln des Stengels aus bildet sich in die jedes der benachbarten Blätter hinein, der verdickten Längslinie desselben entsprechend, ein Strang von Zellen zu einem Gefässbündel um, dessen Beschaffenheit und Bau im Wesentlichen denen des Stengels gleicht. Die Bildung der Gefässbündel beginnt stets früher im Stamme, als in den Blättern; sie schreitet von dort nach den Blättern hin vor (XXV bei f).

Den Gabeltheilungen des Stengels entspriessen Adventivwurzeln; bei S. denticulata, helvetica, einer jeden, nachdem die letzte Längsdehnung des Stengels eintrat. Bei S. Martensi, Galeottii, in noch höherem Grade bei S. viticulosa sind die oberen, zur Fruchtbildung neigenden Verzweigungen aufrechter Sprossen wurzellos. Die Wurzel steht stets in der Achsel des Unterblatts, welches in der Knospe scheinbar die Mitte des gabelnden Stengelendes einnimmt. Sie entspringt auf der Aussenseite des Querjoches, welches in der Gabeltheilung des Stengels die beiden Gefässbündel desselben verbindet (XXIII, 4). Die Regel der Zellenvermehrung in der fortwachsenden Wurzelspitze gleicht genau derjenigen der Equisetaceen und Polypodiaceen; die Untersuchung ist, der Kleinheit der Zellen wegen, weit schwieriger als dort. — Die Wurzeln der Selaginellen, wie der Lycopodiaceen überhaupt, sind meist mehrfach verästelt: sie zeigen die regelmässigsten Gabeltheilungen nach zwei, um 90° von einander divergirenden Richtungen. Die erste Gabelung einer Wurzel pflegt den Flächen des Blattes parallel zu sein, in dessen Achsel sie entstand, die zweite zu ihnen rechtwinklig.* Die Aussenseite der Wurzelspitze bekleidet sich oft mit langen Papillen, welche bei der Weiterentwickelung des Organs mit den sie tragenden Zellen abgeworfen werden. Die Nebenwurzeln der grösseren Arten gabeln sich mehrfach, noch lange bevor sie den Boden erreichen. Die der S. denticulata pflegen sich erst dann zu verzweigen, nachdem sie in den Boden eindrangen. Der Grund zur ersten Verästelung wird indess auch hier schon weit früher gelegt. Die Luftwurzeln zeigen, sobald sie einen gewissen Grad der Ausbildung erreichten, eine kugelige Anschwellung des Endes.** Diese Verdickung der Wurzelspitze wird gebildet durch den Beginn der Gabelung: die linsenförmige Zelle ersten Grades der Wurzel hat sich durch eine Längswand in zwei Hälften getheilt; beide beginnen eine selbstständige Vermehrung in von einander spreizender Richtung. Die so sich bildenden rudimentären beiden Gabeläste, umhüllt von den äusseren Zellschichten der Wurzel, welche vor dem Eintritt der Gabelung sich bildeten, stellen die nahezu kugelige Zellenmasse des Wurzelendes dar.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass das kleinste Bruchstück des Stengels von Selaginella im Stande ist, bei geeigneter Behandlung (auf lockerem Boden feucht und warm gehalten) eine neue Pflanze zu entwickeln. Diese Erscheinung beruht auf der Entstehung von Adventivknospen an bestimmt vorgezeichneten Stellen: in den Winkeln welche die in die Blätter sich abzweigenden Gefässbündel mit den Gefässbündeln des Stengels bilden. Der Adventivspross durchbricht die Rindenschicht des Stengels und entwickelt sich zu einer neuen Pflanze ganz in derselben Reihenfolge von Sprossen, wie ein durch Befruchtung eines Archegonium entstandener Embryo, nachdem dicht an seiner Ursprungsstelle eine Adventivwurzel hervorsprosste (XXIV, 20).

Früchte bilden sich bei Selaginella nur an eigens zur Fruchtbildung bestimmten, in ihrer Tracht

---

* Das Verhältniss zeigt sich besonders klar bei den Wurzeln der S. Galeottii und Martensii, welche sich hoch über dem Boden mehrfach verzweigen.

** *Kaulfuss* Wesen der Farrnkräuter. S. 64.

von den vegetativen vielfach abweichenden Sprossen. Der zur Entwickelung von Sporangien bestimmte Zweig ist gleich den vegetativen eine Gabeltheilung des nackten Endes des Sprosses vorhergehender Ordnung. Er unterscheidet sich von jenen schon in frühester Jugend durch weit minder rasche Zunahme in die Länge, so dass er selbst bei Selaginella denticulata schon zeitig zur Seite des zur vegetativen Ausbildung bestimmten Sprosses gedrängt wird, dessen Richtung der des Sprosses vorhergehender Ordnung gleicht; so dass es scheint, er sei die unmittelbare Fortsetzung jenes (XXIII, 4 bei b, 8 bei a). Die Regel der Zellenvermehrung im fortwachsenden Ende des Fruchtastes ähnelt der der Endknospe vegetativer Sprossen (XXIII, 13); nur mit dem Unterschiede, dass das Wachsthum in die Dicke allseitig gleichmässig ist. Der Querschnitt des Fruchtastes ist kreisrund, nicht elliptisch.

In der Achsel jedes der nach $2\frac{1}{2}$ stehenden gleichgrossen Blätter des Fruchtastes, mit Ausnahme der zwei bis drei ersten, untersten, entsteht ein Sporangium. Die erste Anlage desselben erfolgt durch Theilung einer der Zellen des Stengelumfangs, dicht über dem Mittelpunkte der Ansatzstelle des jüngsten Blattes, durch eine auf der Aussenfläche der Endknospe nahezu senkrechte Wand; welcher die Entstehung auf jener Fläche rechtwinkliger Wände in den Zellen zweiten Grades, ihr paralleler in den Zellen dritten Grades des werdenden Sporangium folgt (XXIII, 15). Sobald als das Organ als halbkugeliger seitlicher Auswuchs des Stengelendes erscheint, lässt es eine Centralzelle erkennen, welche von einer einfachen Schicht von Zellen umhüllt, von einem wenigzelligen kurzen Stiele getragen wird. Bei Selaginella helvetica ist diese Centralzelle um Vieles grösser, als ihre Nachbarinnen (XXIII, 2); bei S. denticulata theilen die sie tragenden Zellen sich erst spät durch der Längsachse des Sporangium parallele Wände. Bei dieser Art erscheint jene Zelle als oberste eines die Achse des rudimentären Sporangium durchziehenden Stranges (XXIII, 16).

Die sie umhüllenden Zellen theilen sich oft wiederholt durch auf der Aussenfläche der jungen Frucht senkrechte Wände, zweimal wechselnd mit ihr parallelen. Die Wand des Sporangium wird bald zu einer doppelten, endlich zu einer dreifachen Zellenschicht (XXIII, 17, 18, 19, 20). Auch die Zellen des Stiels theilen sich oft wiederholt durch der Längsachse parallele und auf ihr senkrechte Wände; der Träger des Sporangium wird rasch sowohl länger als massiger. Währenddem vermehrt sich auch die centrale Zelle, wiewohl langsamer, durch wiederholte Zweitheilungen nach allen drei Richtungen (XXIII, 17, 18). Schon die fünftjüngsten Sporangien eines Fruchtstands der Selaginella denticulata erscheinen als eine centrale Gruppe grösserer Zellen (der Mutterzellen der Sporen) mit grumösem Inhalte und grossen Zellenkernen, welche zunächst umhüllt wird von einer Schicht zarter, schleimiger, radial gestreckter Zellen, denen ähnlich, welche den Strang von Mutterzellen der Anthere der Phanerogamen umgeben. Dieser folgt eine Schicht tafelförmiger, derbwandiger, chlorophyllhaltiger Zellen, welche die Oberhaut des Sporangium trägt: radial gestreckte, prismatische Zellen mit wasserklarer Inhaltsflüssigkeit, an der jungen Frucht viermal, an der nahezureifen, in Folge wiederholter Theilungen, nahezu sechzehnmal kleiner (XXIII, 31b) als die chlorophyllführenden Zellen dicht unter ihr (XXIII, 19, 20).

Diese Vermehrungen der Zellen des jungen Sporangium erfolgt vorwiegend in Richtung der Breite; das Organ nimmt die Gestalt eines seitlich abgeplatteten Ellipsoïds an, welche weiterhin allmälig in die Nierenform übergeht. Erst spät, wenn die junge Frucht eine beträchtliche Grösse, die centrale Gruppe der Sporenmutterzellen ziemlich die Vollzahl ihrer Zellen erreicht hat, beginnt das Blatt, in dessen Achsel das Sporangium steht, sein Nebenblatt zu entwickeln (XXIII, 4, 17).

Es geht aus der Entwickelungsgeschichte des Sporangium aufs Unzweifelhafteste hervor, dass dasselbe nicht ein umgewandelter Theil eines Blattes, sondern ein selbstständiges Product des Stengels ist. Auch bei S. helvetica und spinulosa, an welchen Arten schon das sehr junge Sporangium weit über das nächstuntere Blatt gerückt ist, so dass es einen Theil desselben zu bilden scheint, gleicht demungeachtet das erste Auftreten des Organs völlig dem der S. denticulata (XXIII, 1, 15), so dass seine spätere Stellung scheinbar auf dem Blatte nur auf einer Verzerrung von Theilen des Stengels beruht.

Bei weiterer Alterszunahme des Sporangium vereinzeln sich die Sporenmutterzellen nach sehr mässiger Verdickung ihrer Wand. Sie stellen dann kugelige Zellen mit trübe-schleimigem Inhalt und mässig grossem Kerne dar, welche dicht an einander gedrängt den Innenraum der Frucht ausfüllen (XXIII, 20).

Bis hieher gleicht sich die Entwickelungsgeschichte aller Sporangien. Von jetzt an aber tritt, wie bei den Rhizocarpeen, ein wesentlicher Unterschied der ferneren Ausbildung auf, je nachdem die Sporangien bestimmt sind, Staubkapseln oder Kugelkapseln zu werden,* grosse oder kleine Sporen zu entwickeln. — Bei Selaginella denticulata wird nur das unterste Sporangium jedes Fruchtstands zur Kugelkapsel; dasjenige, welches in der Achsel des untersten derjenigen Längsreihe von Blättern der Aehre sich bildet, welche senkrecht über dem letzten Unterblatte beziehendlich der rechten oder der linken Seite des Sprosses vorhergehender Ordnung steht. Die rasche und bedeutende Grössezunahme der Frucht überwuchert bald die Seitenränder ihres eigenen Deckblatts, so dass auch die beiden nächstunteren, anderen Längsreihen der Fruchtähre angehörigen sterilen Blätter an ihrer Umhüllung Antheil zu nehmen haben. — Von den vielen freien kugeligen Zellen des Inneren der jungen Kugelkapsel theilt sich nur eine einzige, durch nichts ausgezeichnete,** (nach kaum merkbarer Zunahme des Durchmessers, Auflösung ihres primären Kerns, und Bildung von vier neuen), durch sechs unter Winkeln von 120° einander schneidende Wände in vier tetraëdrische Tochterzellen, die Specialmutterzellen der Sporen (XXIII, 21, 22). Fast unmittelbar darauf tritt in jeder derselben eine die Specialmutterzelle völlig ausfüllende, zunächst sehr zartwandige Zelle auf: die Spore. Sofort beginnen die vier Sporen durch allmälige Auflösung der Wand der Specialmutterzellen sich zu vereinzeln (XXIII, 23—25). Dabei nehmen sie Kugelform an; die Stellen der Commissuren der Specialmutterzellen sind durch kaum vorspringende Leisten angedeutet (XXIII, 26^b, 27^b). Das (der directen Beobachtung unzugängliche) Auflösungsproduct der Specialmutterzellen scheint die Sporen noch lange in ziemlicher Nähe zusammen zu halten.

Bald nach dem Auseinandertreten der Sporen beginnt die Bildung der äusseren Sporenhaut. Zunächst zeigt sich die innere, glasartige (bei durchfallendem Lichte glashelle, später strohgelbe, endlich braune) Schicht derselben (XXIII, 27^c); bald auch die äussere, aus einer Mengung von zweierlei das Licht verschiedenartig brechender Stoffe bestehende. Beide Schichten haben Theil an Bildung der langen,

---

* *Kaulfuss*, Wesen der Farrnkräuter, S. 17. Dass ich für Samenkapseln Staubkapseln schreibe, bedarf kaum einer Entschuldigung. Die kleinen Sporen entwickeln, wie ich im Folgenden darlegen werde, keine neuen Pflanzen, sondern Spermatozoïden.

** In einigen Fällen konnte ich mich davon überzeugen, dass diese Zelle ungefähr im Mittelpunkte der Kugelkapsel schwimmt. — Die sphärischen freien Zellen füllen zu der Zeit, da eine derselben durch Viertheilung zur Mutterzelle der Sporen wird, den Innenraum der Kugelkapsel nicht mehr völlig aus; über der Stelle, an welcher der Stiel der Kapsel ansitzt, findet sich ein, nur von wässeriger Flüssigkeit erfüllter Hohlraum.

durch Netzleisten verbundenen Dornen des Exosporium (XXIII, 32). Während deren Ausbildung treten die drei vonvergirenden Leisten auf den Scheitel der Spore etwas deutlicher hervor; jede derselben erscheint jetzt von einem feinen Längsspalt durchzogen. Die Dornen treten auf als schwache Vorsprünge der inneren, glasartigen Schicht (XXIII, 28), und nehmen allmälig an Länge zu. Bei der vollen Reife erscheinen sie beträchtlich kürzer, als bei der halben. Es scheint, dass der Druck, welchen die an Grösse rasch zunehmenden Sporen auf einander üben, die Spitzen der Dornen abbricht. Kurz vor dem freiwilligen Aufspringen der Kugelkapsel haften die Sporen durch ihre Dornen ziemlich fest an deren Innenwand.

Während der Ausbildung der grossen Sporen ändert die Kugelkapsel ihre Form sehr beträchtlich. Es bilden sich, durch örtliche stärkere Vermehrung und Dehnung von Zellen der Wand, zwei halbkugelige Ausstülpungen derselben in der Mitte der beiden dem Stengel und dem Deckblatte zugewendeten Seitenflächen des nierenförmigen Sporangium, noch lange bevor eine der vier Sporen irgendwo dessen Innenwand berührte (XXIII, 26[a]). Auch der Scheitel des Organs wölbt sich steiler. Die Sporen schwimmen zu dieser Zeit noch frei in der wässerigen Inhaltsflüssigkeit der Kugelkapsel, in Gesellschaft der zahlreichen, unveränderten Schwesterzellen der einen kugeligen Zelle, welche durch ihre Theilung zur Mutterzelle der Sporen wurde. — Man findet noch jetzt häufig, dass vier oder mehrere jener kleinen zartwandigen Zellen lose an einander haften; ein Ueberbleibsel des innigen Zusammenhanges, welcher auf früheren Entwickelungsstufen des Sporangium unter den Mutterzellen bestand. Bis hieher erhält sich die Schicht radial gestreckter, schleimiger, in lebhafter Vermehrung begriffener Zellen, welche die Innenwand der Kapsel auskleidet. Bei weiterer Ausbildung der Sporen verschwindet sie; die Wand der nahezu reifen Kapsel besteht aus nur zwei Zellenschichten (XXIII, 31).

Die Entwickelung der grossen Sporen vieler anderer Arten, namentlich der Selaginella Martensi, helvetica und spinulosa, weicht von der eben geschilderten besonders dadurch ab, dass die Specialmutterzellen weit länger sich erhalten, als bei S. denticulata. Die Spore hat deshalb, auch bei völliger Ausbildung, eine ziemlich scharf ausgeprägte tetraëdrische Form (XXIII, 48; XXIV, 27), mindestens zeigt ihr Scheitel drei sehr deutliche, unter Winkeln von 120° zusammentreffende, weit herabreichende Leisten: so bis S. helvetica. Die Arten, bei welchen ich diese Erscheinung fand, sind sämmtlich solche, bei welchen Kugelkapseln und Staubkapseln, in der äusseren Form wenig oder nicht verschieden, an der langen Aehre anscheinend regellos durcheinander stehen. Bei Selaginella Galeottii haben schon die sehr jungen grossen Sporen regelmässige Kugelgestalt (XXIV, 36). Bei S. Martensi nimmt die eine der vielen freien sphärischen Zellen im Inneren der jungen Kugelkapsel, welche zur Mutterzelle der grossen Sporen werden soll, an Grösse sehr beträchtlich zu (XXIV, 21, 22). Ausserhalb ihres blässer und blässer werdenden primären Kernes bilden sich vier neue, kugelige Kerne (XXIV, 23); bald darauf verschwindet der primäre Zellenkern (XXIV, 24[a b]), und es treten plötzlich sechs unter Winkeln von 120° zusammentreffende Scheidewände in der Mutterzelle auf (zwischen je zweien der secundären Kerne eine), welche vier tetraëdrische Specialmutterzellen darstellen. In jeder derselben bildet sich, nach vorgängiger beträchtlicher Verdickung der Wand durch Anlagerung gallertartiger Schichten auf die Innenseite und während dieser Verdickung erfolgender sehr bedeutender Grössezunahme der Specialmutterzellen, eine Spore. Das Exosporium, von bräunlicher Farbe, wird bei dieser Art besonders dick. Im ausgebildeten Zustande lässt es drei Schichten unterscheiden, von denen die mittlere eine glasartige Beschaffenheit besitzt. Noch jetzt sind die verdickten Specialmutterzellen wohl erhalten. Die Trennungslinien zwischen je zweien

lassen sich hier weit deutlicher erkennen, als bei irgend einer phanerogamen Pflanze, die Malvaceen nicht ausgenommen (XXIV, 26, 28[a]). Gelinder Druck vereinzelt auf dieser Stufe der Ausbildung die Specialmutterzellen, deren jede eine Spore umschliesst (XXIV, 28[b]). — In einem, offenbar krankhaften Falle sah ich bei S. Martensi das unverhältnissmässig dicke Exosporium aus prismatischen (richtiger gestutzt-pyramidalen) Stücken zusammengesetzt; die Spore war weit kleiner geblieben als gewöhnlich (XXIV, 29).

Während der Aussonderung der äusseren Haut der grossen Sporen aller von mir untersuchten Arten liegt der kugelige Zellenkern stets dicht unter der Stelle, an welcher die drei vorspringenden Leisten des Exosporium sich vereinigen (XXIII, 28—30, 48; XXIV, 26, 28).* Er nimmt an Grösse rasch zu, sein Kernkörperchen verschwindet; seine Wand wird dick und fest (XXIII, 28, 29; XXIV, 28). Später treten zahlreiche bläschenartige Bildungen in ihm auf (XXIII, 29). Gegen die Sporenreife hin scheint er aufgelöst zu werden; ich vermisste ihn stets in solchen Sporen, welche die Kugelkapseln völlig ausfüllen.**

In den zu Staubkapseln werdenden Sporangien theilen sämmtliche freie kugelige Zellen des Innern sich ziemlich gleichzeitig in vier tetraëdrische Specialmutterzellen. Der Vorgang dabei ist der Gleiche, wie bei Theilung der Mutterzellen grosser Sporen der S. Martensi: ausserhalb des primären Kerns der Zelle bilden sich vier neue, kleinere (wie es scheint, durch zweimalige Zweitheilung einer sphärischen Anhäufung von Bildungsstoff; XXIV, 30); zwischen je zweien von denen die sechs Doppelwände auftreten, welche die einzelnen Specialmutterzellen von einander trennen. Die Commissur der Wände je zweier Specialmutterzellen ist auch bei den Mutterzellen der kleinen Sporen häufig recht wohl wahrnehmbar, ungeachtet der Kleinheit des Gegenstandes (XXIII, 35[ab]; XXIV, 32). In jeder der Specialmutterzellen bildet sich eine Spore, welche bei manchen Arten, S. Martensi z. B., nach Resorption der Specialmutterzellen wunderbar lange Dornen auf der Aussenseite des Exosporium entwickelt, während die äussere Sporenhaut anderer Arten, wie S. helvetica, nur schwach gekörnelt erscheint. Alle kleinen Sporen von Selaginella zeigen auf dem Scheitel drei convergirende Leisten der äusseren Sporenhaut. Missbildungen sind in den Staubkapseln in unseren Gewächshäusern cultivirter tropischer Arten von Selaginella nicht selten. So ist es bei S. Martensi eine häufige Erscheinung, dass eine Mutterzelle sich in nur zwei, oder nur drei Specialmutterzellen theilt, von welchen dreien dann nur zwei Sporen entwickeln (XXIV, 33); oder dass von einem Complex von Specialmutterzellen zwei, ja selbst drei verschrumpfen, während die übrigen lebenskräftig bleiben. In einem Falle sah ich die sonderbare Erscheinung, dass in einem Sporangium, welches viele krüppelhafte, aber auch viele anscheinend gesunde Complexe von Specialmutterzellen enthielt, acht eyförmige Zellen sich fanden, mehr denn dreimal so gross als die grössten Specialmutterzellen, mit unverhältnissmässig dicker, deutliche Schichtenbildung zeigender, glasartig durchsichtiger Wand; der Zelleninhalt bestand aus concentrirtem körnigem Schleime und einem ziemlich grossen Zellenkerne (XXIV, 34, 35).

Nur die grossen Sporen der Selaginellen bringen Prothallien hervor. Der erste Grund dersel-

---

* Bei längerem Liegen der jungen Spore im Wasser entschwindet er der Beobachtung (XXIII, 27[b]).

** *Mettenius* scheint anzunehmen, der Kern der Spore dehne sich allmälig aus, bis er der Innenwand der Sporenzelle auf allen Punkten sich anlagere (Beiträge zur Botanik, H. 1, S. 7). Mir ist nie eine Erscheinung zu Gesicht gekommen, die auf einen solchen Vorgang hingedeutet hätte.

ben wird noch vor dem Aufspringen der Kugelkapseln gelegt, indem unter der Stelle, welcher der Innenecke der Spore, dem Punkte entspricht in welchem die vier Specialmutterzellen der Sporen sich berühren, eine kreisrunde, einfache Zellschicht der Innenseite der primären Sporenhaut angelagert erscheint. Diese Zellen sind in der Mitte der Zellenlage, unter der Vereinigungsstelle der drei vorspringenden Leisten der äusseren Sporenhaut am höchsten; sie theilen sich hier sehr bald durch Querwände. Nach der Peripherie hin nehmen sie an Höhe allmälig ab; die äussersten haben die Form eines liegenden Keils (XXVI, 4). Von oben gesehen erscheint die Anlage des Prothallium bei vielen Arten, namentlich auch bei S. denticulata, helvetica schlecht begrenzt, indem die äusserste Kante der Randzellen, gebildet durch die in sehr spitzem Winkel zusammentreffende obere und untere Wand der Zelle (XXVI, 4 bei a), von unten her durchfallendes Licht nicht merklich stärker bricht, als die primäre Wand der Spore selbst. Die Randzellen des Prothallium scheinen, von oben gesehen, nach der Aussenseite hin offen (XXVI, 5).* Die Prothallien anderer Arten, der S. Martensi z. B., zeigen nichts der Art (XXVI, 6).

Die ersten Entwickelungsstufen der Anlage zum Prothallium sind mir dunkel geblieben. Ich lasse dahin gestellt, ob sie, gleich dem Prothallium von Marsilea, durch wiederholte Zweitheilung einer einzelnen Zelle sich bildet, oder ob sie nach Art des in so vieler Hinsicht dem Prothallium von Selaginella ähnlichen Eyweisskörpers der Nadelhölzer sich entwickelt durch Anlagerung ursprünglich freier Zellen an die Innenwand der grossen, sphärischen derbwandigen Zelle (Spore oder Embryosack) in deren Innenraume sie entstanden. Die letztere Vermuthung halte ich für die wahrscheinlichere.

So beschaffen werden die grossen Sporen aus der aufspringenden Kugelkapsel entlassen. Ihrer Weiterentwickelung geht bei S. denticulata und helvetica ein mehrmonatlicher Ruhezustand vorher. Während desselben verdicken sich beträchtlich die Wände, mit welchen Zellen des Prothallium dem kugeligen Innenraume der Spore angrenzen. Ihren beiden Seiten lagern sich Verdickungsschichten auf, an einzelnen Zellen kreisförmige, weite Tüpfel frei lassend (XXVI, 12, 13). Auf Längsdurchschnitten solcher Tüpfel erkennt man, dass die Verdickung der Wandungen am beträchtlichsten ist auf der dem Innenraume der Spore zugekehrten Fläche. Der Inhalt dieser grossen kugeligen Zelle sondert in seinem ganzen Umfange Zellstoff aus; verdickt nicht allein die Scheidewände, welche ihn von den Zellen trennen, die der Innenwand der Spore in deren Scheitel sich anlagerten, sondern auch den freien Theil der Innenfläche der primären Sporenhaut, so dass diese zu einer sehr derben, glasartigen, $^{1}/_{1260}'''$ dicken Membran wird. Der Inhalt des grossen Innenraums der Spore besteht während dieser Zeit aus einer

---

* Ich glaube, dass die obige Erörterung genügt, die eigenthümliche Erscheinung zu erklären. *Mettenius* (Beiträge zur Botanik, H. 1, S. 10) schliesst aus ihr auf eine Entwickelung der Zellen des Prothallium, welche von allen anderen im Gewächsreiche bisher beobachteten Erscheinungen sehr weit abweichen würde. Er glaubt, das Prothallium entstehe zwischen zwei aus einander weichenden Lamellen der Sporenwand; es nehme allmälig an Umfang zu indem jene Lamellen weiter aus einander träten, und dem Umfange des Prothallium neue Zellen sich ansetzten in einer Weise, welche wenn auch noch nicht völlig erforscht, dennoch gar keine Vergleichungspunkte mit den bisher näher bekannten Formen der Zellenbildung darbiete. Ich halte diese Schlüsse für ungerechtfertigt, namentlich um deswillen, weil der kleinzellige, archegonienbildende Theil des Prothallium bei seiner höchsten Entwickelung (XXVI, 12, 15) keinen relativ grösseren Theil des Umfangs der Spore einnimmt, als zu der Zeit, da er zuerst dem Auge sichtbar wird. Die von *Mettenius* als f. 10 der ersten Tafel seiner Schrift abgebildeten inhaltsleeren Zellen halte ich vielmehr für solche, welche durch Entwickelung des grosszelligen inneren Theils des Prothallium gegen die äussere Sporenhaut gepresst und zum Verschwinden des Lumen zusammengedrückt wurden, als fur in der Bildung begriffene.

Emulsion eyweissartiger und öliger Stoffe. — Am auffälligsten finden sich diese Erscheinungen bei S. denticulata; in minderem Grade bei S. helvetica. Bei S. Martensi und anderen tropischen Arten keimen die grossen Sporen schon wenige Wochen nach der Aussaat; hier sind jene Verhältnisse kaum angedeutet (XXVI, 7).

Bei Eintritt der Weiterentwickelung des Prothallium theilen die Zellen desselben sich wiederholt durch auf der Aussenfläche senkrechte Längs- und jener Fläche parallele Querwände. Diese Vermehrung der Zellen beginnt im Mittelpunkte des Prothallium, schreitet von da gegen die Peripherie hin vor, und erlischt, lange bevor es diese erreicht (XXVI, 5, 12). Vor der zweiten Wiederholung der Theilung durch Querwände bilden sich Archegonien.

Das erste derselben tritt genau auf dem Scheitel des Prothallium auf; die weiter abwärts sind späterer Entstehung. Das Archegonium wird angelegt durch Theilung einer der Zellen der Oberseite des Prothallium mittelst einer Querwand, Theilung der oberen Zelle durch eine Längswand, und der beiden Theilhälften durch eine auf der letzt entstandenen rechtwinklige, auf der freien Aussenfläche ebenfalls senkrechte Wandung. Die vier engen hohen Zellen, welche die grössere Basalzelle überragen, werden jede durch eine horizontale Wand in zwei Hälften getheilt, von denen die untere in der Regel die niedrigere ist (XXVI, 12, 13). Die vier Scheitelzellen des Archegonium pflegen sich zu kurzen Papillen zu wölben (XXVI, 7^b, 12, 12^c, 13). Indem die vier parallelen Zellenpaare an ihren Berührungskanten aus einander treten, bildet sich ein auf die Basalzelle zuführender enger Gang (XXVI, 5, 12^b). In letzterer entsteht, augenscheinlich durch wiederholte Zellenbildung um den primären Kern, eine sphärische, die Mutterzelle nahezu ausfüllende Zelle (XXVI, 7^b, 12), reich an feinkörnigem Protoplasma. Alle die engen Zellen des Prothallium zeigen jetzt auf gehörig feinen Schnitten unschwer zu erkennende Zellenkerne. Die Aussenwände der Zellen der Oberseite, besonders die der Scheitelzellen der Archegonien, erscheinen zu dieser Zeit merklich verdickt (XXVI, 7^b, 13).

Gleichzeitig mit der Entwickelung der Archegonien wird ein der Unterseite des kleinzelligen Theiles des Prothallium angelagertes Gewebe weiter Zellen sichtbar (XXVI, 12). Die Mitte dieser Zellenmasse springt bauchig vor in den noch freien Theil des Innenraumes; an der Innenwand der primären Sporenhaut ragt sie ein gutes Stück weiter herab, als der erstgebildete Theil des Prothallium. Ihre Randzellen wiederholen die Form jener der älteren Zellschichte; sie haben Keilgestalt; ihre Unterseite bildet einen sehr spitzen Winkel mit der Innenwand der Spore.

Das Verhalten der kleinen Sporen nach dem Verstäuben habe ich nur bei einer Art ermitteln können, der S. helvetica; hier aber unzweifelhaft. Fünf Monate nach der Aussaat auf stets feucht gehaltene, mit feinem Sand vermischte Rasenerde (Anfang März) hatte sich in ziemlich jeder der kleinen Sporen eine grosse Zahl sehr kleiner,* sphärischer Zellchen gebildet, welche den Innenraum der Spore locker ausfüllen. (XXVI, 1). Bei vorsichtig angewandtem Drucke traten diese Zellchen aus den Rissen der zersprengten Sporenhäute hervor. Sie enthielten entweder feinkörnigen Schleim (XXVI, 2; ich halte diese Zellchen für minder entwickelte), oder einen spiralig aufgerollten, sehr feinen, dünnen Samenfaden (XXVI, 3), der beim Freiwerden sich träge bewegte.

Die Erzeugung von Samenfäden in den kleinen Sporen ist um Vieles früher beendet, als die

* Durchmesser $^1/_{800}$''' und weniger.

volle Ausbildung des Prothallium; bei S. helvetica, wie schon bemerkt, fünf Monate nach der Aussaat, während ich erst sechs Wochen später die ersten Archegonien an den Prothallien gleichzeitig ausgesäeter grosser Sporen fand. Dieser Umstand ist ohne Zweifel die Ursache, dass alle Aussaatversuche grosser Sporen erfolglos bleiben, sei es dass man sie allein oder mit kleinen Sporen vermischt aussäet, wenn die Möglichkeit ausgeschlossen wird, dass noch später kleine Sporen der nämlichen Art zu den Prothallien gelangen.* Aus der wiederholten Zweitheilung der in der Basalzelle des Archegonium entstandenen einen Tochterzelle geht die junge Pflanze, der Embryo hervor. Nicht häufig wird mehr als ein Archegonium desselben Prothallium befruchtet. Die fehlschlagenden Archegonien, besonders die tiefer unten am Prothallium stehenden, zeigen häufig eigenthümliche Wucherungen ihrer Scheitelzellen (XXVI, 15, 16.)** Die erste Theilung der Mutterzelle des Embryo (des Keimbläschens) ist die durch eine Querwand (XXVI, 14).*** Es ist ein seltener Fall, dass unmittelbar aus der unteren beider Zellen der Embryo entsteht, dass alle ihre Tochterzellen Antheil nehmen an dem massigen Theile der ersten Achse desselben (XXVI, 17). Gewöhnlich geht deren Anlegung (durch Theilung der Endzelle des kurzen Vorkeims mittelst wechselnd geneigter Wände) voraus die noch ein- bis dreimalige Theilung der Endzelle des zweizelligen Vorkeims (Embryoträgers) durch Querwände. Während derselben tritt eine sehr beträchtliche Längsdehnung der oberen Zellen des Vorkeims ein, in deren Folge dessen unteres Ende tief hinab gedrängt wird in das Gewebe weiter Zellen, welches den Innenraum der Spore von S. denticulata jetzt etwa zu einem Drittheile (XXVI, 15, 16), den der S. Martensi bereits ganz ausfüllt (XXVI, 7).

Nun bildet sich, aus der Vermehrung der Endzelle des Vorkeims in der oben angedeuteten Weise, die erste Achse des Embryo. Schon nach sehr kurzer Längsentwickelung vermehrt (bei S. denticulata) die Zahl ihrer Zellen sich nicht weiter; dagegen entsprosst einer ihrer Seiten eine Nebenachse, bestimmt, aus dem Prothallium hervorzubrechen und das erste Blätterpaar des Embryo zu erzeugen (XXVI, 18, 19). Die Form des fortwachsenden Endes dieses Sprosses, wie die Regel seiner Zellenvermehrung gleichen völlig den oben (S. 111) geschilderten späterer vegetativer Achsen (XXVI, 15, 16, 18—21). Sein Wachsthum ist schräg nach oben gerichtet. Während seiner Längsentfaltung nimmt das, bei S. denticulata bis dahin kaum bemerkbare, Ende der ersten Achse der jungen Pflanze an Masse etwas zu, mehr durch Dehnung seiner Zellen als durch deren Vermehrung (XXVI, 22, 24).

Der Spross zweiter Ordnung entwickelt bald, noch ehe er die untere, weitzellige Schicht des Prothallium durchwachsen hat, durch gleichzeitige Theilung horizontaler Reihen von Zellen seiner breiten Seitenflächen zwei einander opponirte Blätter, welche bestimmt sind, nach dem Hervortreten des Sprosses ans Licht sich zu entfalten und Chlorophyll in ihren Zellen zu entwickeln. Die Anordnung ihrer Zellen gleicht auf allen Entwickelungsstufen genau derjenigen der Unterblätter vegetativer Sprossen (XXVI, 22^b). Diese Blätter tragen, bei den Keimpflänzchen aller mir zu Gesicht gekommenen Arten, Anhängsel

* Mir misslangen alle Aussaaten, bei welchen ich die ausgesäeten Sporen (kleine und grosse vermengt) durch Bedeckung mit einer Glasglocke isolirte. Ganz dasselbe Ergebniss erhielt *Spring* (Monographie de la famille des Lycopodiacées, extraite des tomes XV et XXIV des mémoires de l'académie royale de Belgique, Bruxelles 1842 et 49; p. 316, note). Dagegen zeigten sich binnen kurzer Zeit Embryonen, wenn ich unter die Glasglocken lebende, reichlich fruchttragende Exemplare der nämlichen Selaginellen brachte.

** Der Vorgang ist sehr genau erörtert von *Mettenius*, Beiträge, 1. Heft, S. 12).

*** Siehe die Bemerkung zu dieser Figur in den Erläuterungen zu den Abbildungen.

an beiden Seiten ihrer Basis. In ihren Achseln entwickeln sich Nebenblätter, vollkommen gleich den später entstehenden (XXVI, 10, 22^b).

Nicht lange nach dem Hervorsprossen des ersten Blattpaars gabelt sich die dasselbe überragende nackte Endknospe (XXVI, 10, 10^b, 23). Jetzt oder wenig später durchbricht die Achse zweiter Ordnung, durch plötzlich eintretende, sehr beträchtliche Längsdehnung der Zellen ihres unteren Theils, die kleinzellige obere Hälfte des Prothallium. Die beiden Blätter breiten sich aus, dehnen sich in die Länge und Breite und ergrünen.

Gleichzeitig beginnt die Weiterentwickelung der beiden Achsen dritter Ordnung, in welche das Ende der Achse zweiter Ordnung sich gabelte. Sie vermehren rasch ihre Zellen in Richtung der Länge und erzeugen Blätter. Die vier Längsreihen von Blättern treten an den Sprossen dritter Ordnung nicht gleichzeitig auf. Zuerst zeigte sich ein Unterblatt, ohne dass ihm ein Oberblatt gegenüberstände. Auch das zunächst sich bildende Blatt, ein Unterblatt der anderen Längsreihe, ist häufig ohne gegenständiges Oberblatt. Erst von da aufwärts ist die Anordnung der Blätter regelmässig $2\frac{1}{2}$. Da die Längsdehnung der beiden Sprossen dritter Ordnung (gleich der später entstehender vegetativer Sprossen, vergleiche S. 116) bei S. denticulata erst dann anhebt, wenn die Gabelung ihrer Enden in je zwei Achsen vierter Ordnung begann, so stehen diese Blätter der Sprossen dritter Ordnung geraume Zeit sehr dicht gedrängt, erscheinen der flüchtigen Beobachtung der Achse zweiter Ordnung angehörig, mit deren beiden Blättern sie Winkel verschiedener Divergenz zu bilden scheinen.

Aus der Seite der Achse erster Ordnung, welche der Ursprungsstelle des Sprosses zweiter Ordnung gegenüber liegt, sprosst die erste Adventivwurzel hervor. Sie entspricht in Entwickelung und Bau aufs Vollständigste den später entstehenden. Bei Selaginella denticulata entwickelt sie sich in der Regel sehr spät, erst mit dem Eintritt der Längsdehnung der Achsen dritter Ordnung. Ausnahmen sind selten (XXVI, 23). Weit früher erscheint sie an der Keimpflanze der S. Martensi, noch während der Embryo in der unteren Schicht des Prothallium verweilt (XXVI, 8). An dieser Art ist auch das Ende der primären Achse weit stärker entwickelt, als bei jener. —

Die Art der Zellenvermehrung der Endknospe, die Sprossfolge und die Entwickelungsgeschichte der Blätter von Lycopodium (ich untersuchte vorzugsweise L. inundatum) ähnelt weit mehr derjenigen von Polypodiaceen (von Niphobolus z. B.) als der von Selaginella. Die Endknospe, ein konisches Wärzchen, überragt mässig die Ursprungsstelle des jüngsten Blatts. Die Theilung ihrer Scheitelzelle, wie die Vermehrung der Zellen zweiten Grades gleichen genau der von Niphobolus. Das Blatt scheint aus der Vermehrung einer einzelnen Zelle des Umfanges der Endknospe hervorzugehen. Es wächst in die Länge durch Theilung einer Scheitelzelle durch wechselnd gegen die obere und die untere Blattfläche geneigter Wände. Auch hier lässt sich unschwer beobachten, dass die Zellen der Basis noch geraume Zeit fortfahren, sich zu theilen, nachdem die Vermehrung der Zellen der Blattspitze erlosch. Verästelungen des Stengels erfolgen durch Gabelung der Endknospe oberhalb der Ursprungsstelle des jüngsten Blatts.* Das Wachsthum der Wurzeln gleicht genau dem der Adventivwurzeln der Polypodiaceen, Equisetaceen und Pilularieen.

Psilotum triquetrum gleicht durch die Art der Gabelung seiner Endknospen völlig den Sela-

* Vergleiche *Nägeli* Zeitschr. f. Botanik, H. 3 u. 4, Tf. V, f. 1.

ginellen. Auch in dem Verhältniss der nur ein Jahr lang dauernden Sprossen zu dem in der Erde verborgenen, das Individuum erhaltenden Stamme ähnelt diese Pflanze der S. viticulosa, noch mehr der S. cordifolia. Es ist bei diesen Lycopodiaceen das Auftreten von Sprossen mit begrenztem Wachsthum und beschränkter Lebensdauer, welche ausschliessend zur Fruchtbildung bestimmt sind, eine Erscheinung, die aufs Lebhafteste an die Bildung der Wedel der Farrn erinnern muss.

Das Wachsthum des Stengels von Psilotum erfolgt durch dauernde Theilung einer einzigen Scheitelzelle mittelst wechselnd nach zwei Richtungen geneigter Wände. Das der Blätter gleicht dem auf den ersten Entwickelungsstufen dem von Lycopodium. Später erfolgt eine Gabelung der Blattspitze.

Die Fortpflanzung der Lycopodiaceen, welche nur einerlei staubartige Sporen tragen, ist noch immer ein Räthsel. Auch mir misslangen wiederholte Aussaatversuche der Sporen von Lycop. clavatum, inundatum, Selago. Das Wahrscheinlichste ist zur Zeit, dass diese Pflanzen ein aus der Spore hervorbrechendes Prothallium bilden, welches zugleich Antheridien und Archegonien trägt, ähnlich den der Polypodiaceen und Equisetaceen. Sollte diese Vermuthung sich bestätigen, so würde freilich die Art des Keimens diese Gattungen weiter von Selaginella entfernen, als die Aehnlichkeit der Tracht und des Baues der Frucht sie ihr nähern.

Die Lycopodiaceen sind unter den höheren Cryptogamen die Familie, welche von Seiten der Phytotomen in neuerer Zeit die geringste Beachtung fand. Seit dem Erscheinen des betreffenden Abschnitts von *Bischoffs* cryptogamischen Gewächsen sind nur wenige Abhandlungen erschienen: eine Reihe von Studien *Karl Müllers*,* reicher an Irrthümern als an neuen Thatsachen,** die oben citirte Schrift *Nägelis*, und (wenn ich *Springs* Monographie bei Seite lasse, deren Hauptzweck genau Umgrenzung der Arten ist) die treffliche Geschichte der Entstehung des Embryo der S. involvens im ersten Hefte von *Mettenius'* Beiträgen zur Botanik.

CONIFEREN.

Tafel XXVII — XXXIII.

Die Eychen der Nadelhölzer, so sehr verschiedenartig auch ihre Stellungen und Anheftungsverhältnisse sind, zeigen die grösste Uebereinstimmung des inneren Baues. Ein einfaches, etwas fleischiges Integument umhüllt einen aus zartem Zellgewebe gebildeten kurzen und dicken Eykern, einen weiten

* Berliner botan. Zeitung, 4. Jahrg. (1846) Sp. 521 ff.

** Dieses anscheinend harte Urtheil zu rechtfertigen, erinnere ich daran, dass *Müller* bei Untersuchung des Keimens das Prothallium übersah oder doch völlig verkannte; dass er die Oehrchen der Basis der Cotyledonen (der beiden ersten, einander opponirten Blätter) für Reste der zerrissenen inneren Sporenhaut hält; — an seine ganz unbegreifliche Darstellung der Entwickelungsgeschichte der grossen Sporen, an seine Deutung der Kugelkapsel als metamophosirter Hauptast, an die rohen Abbildungen von Längsdurchschnitten des Stengels (a. a. O. Tf. IV, fig. 32) u. s. w.

Mikropylekanal offen lassend. An den bekanntlich anatropen Eychen der Abietineen reicht die Trennung zwischen Eykern und Integument nur eine kurze Strecke herab (XXVII, 1, 8, 11); der Eymund erweitert sich über dem Scheitel des Eykerns beträchtlich parallel dem Spermophorum (XXX, 3); er erscheint als enge, aber breite Querspalte. Der Eykern zeigt bei Pinus eine sehr auffällige Vertiefung seines Scheitels (XXVII, 1, 3); bei Abies (balsamea) ist sie minder scharf ausgeprägt (XXX, 3). — Der Eykern von Juniperus und Thuja nimmt nach dem Scheitel hin an Durchmesser zu; bei beiden zeigt der Scheitel eine Depression, die bei Juniperus indess nur mässig ist (XXXIII, 2, 27). Der Eykern von Taxus endlich, weit massiger als der einer anderen einheimischen Conifere, ähnelt durch seine Eyform, wie durch die bis zur Basis des Eychens herabreichende Trennung von Integument und Nucleus, völlig dem der Mehrzahl der Phanerogamen (XXXI, 1).

Der Eykern besteht zur Zeit des Verstäubens des Pollens aus zartwandigen, mit körnigem Schleime erfüllten Zellen. Tief in seinem Innern, bei den Abietineen und bei Juniperus unterhalb der Gegend, wo Hülle und Eykern verschmelzen, bei Thuja, noch mehr bei Taxus weiter aufwärts wachsen einzelne der Zellen des mittelsten Längsstranges des Zellgewebes des Eychens zu den Embryosäcken heran; bei den Abietineen und den Juniperineen mit seltenen Ausnahmen nur eine einzige (XXVII, 1—8).* Im Eykern von Taxus zeichnet sich eine kurze Reihe von meist drei Zellen des axilen Zellstranges des Eykerns vor ihren Nachbarinnen durch Grösse und reichen Gehalt an körnigem Schleime nebst kleinen Amylumkörnchen aus (XXXI, 2, 3, 6). Von diesen entwickelt sich eine bis alle drei zum ausgebildeten Embryosack; der ersten Anlage nach ist derselbe bei Taxus stets in der Mehrzahl vorhanden. Die den Embryosack zunächst umhüllenden Zellschichten unterscheiden sich auffällig vom übrigen Gewebe des Eychens durch zartere Wände und stärkere Concentration des schleimigen Inhalts.

Der Pollen der Coniferen gelangt durch den weiten Eymund unmittelbar auf die Kernwarze. In das Gewebe derselben treibt jedes Pollenkorn einen Schlauch, zunächst nur auf eine kurze Strecke; bei Taxus, Juniperus sehr bald nach dem Ausstreuen, bei den Abietineen erst nach mehrwöchentlicher Ruhe. Die Bildung der Pollenschläuche erfolgt bei Pinus silvestris, Mughus, austriaca Anfang Juni, bei P. Strobus etwas später. Sie dringen binnen wenig Tagen bis nahe zu der Stelle vor wo das Integument vom Nucleus sich sondert (XXVII, 8); dann endet fürs Erste ihr Längenwachsthum, nicht selten schon früher (XXVII, 11, 20). Der Embryosack bleibt bis dahin eine einfache Zelle, deren grosser Zellenkern allmälig aufgelöst wird. Aber schon einige Tage später erscheinen zahlreiche freie Zellenkerne in seinem Innern (XXVII, 9) und unmittelbar darauf zeigt er sich ausgefüllt von einer grösseren Zahl radial lang gestreckter, in eine concentrische Schicht gestellter Zellen (XXVII, 10, 10^b), die bis zum Eintritt der Winterruhe nach allen drei Richtungen sich lebhaft vermehren (XXVII, 11). Die primäre Wand des Embryosacks wurde inzwischen so dünn und zart, dass sie fast der Beobachtung entschwindet. — Gleichzeitig findet eine sehr beträchtliche Vermehrung sämmtlicher Zellen des Eykerns in die Länge, Breite und Dicke statt. Mit dem Eintritt der kalten Jahreszeit werden die Wände der Zellen des den Embryosack ausfüllenden Eyweisskörpers durch schichtenweise Anlagerung einer gallertartigen Substanz stark verdickt (XXVII, 12, 13). Werden zarte Schnitte aus dem Eyweisskörper unter Wasser gebracht, so vertheilt sich der

* Es giebt Bäume von Pinus sylvestris (ein solcher steht an einer sumpfigen Stelle des Leipziger botanischen Gartens), welche, ähnlich der Eybe, in der Mehrzahl ihrer Eychen zwei Embryosäcke entwickeln (XXVIII, 23).

gallertartige Stoff der Verdickungsschichten der Zellwände schnell und leicht in der Flüssigkeit; die Primordialschläuche der Endospermzellen werden frei (XXVII, 16). Am empfindlichsten sind gegen die Einwirkung des Wassers die verdickten Wände der centralen Zellen des Eyweisskörpers. Durch diese eigenthümliche Beschaffenheit der Zellen des transitorischen Endosperms des ersten Jahres wird die Beobachtung ihrer Wände aufs äusserste erschwert.*

Anfang März beginnt im Eychen die Wiederauflösung der verdickten Zellwände des Endosperms. Die dadurch frei werdenden Primordialschläuche zeigen jeder einen grossen centralen kugeligen, mit lichterer Flüssigkeit erfüllten Kern (XXVII, 16). Gegen den April hin wird dieser Kern verflüssigt; Zellen deren Kern eben resorbirt ward, enthalten zahlreiche kugelige, den Innenraum ziemlich ausfüllende Tröpfchen einer das Licht stärker brechenden Substanz. Weiter ausgebildete Zellen enthalten zwei (XXVII, 17), andere vier, manche nur drei Zellenkerne. Um jeden solchen Kern bildet sich eine freie, bei der Entstehung sphärische, lose in der Mutterzelle liegende Tochterzelle. Durch Resorption der Wand der Mutterzelle werden die Tochterzellen frei; in ihrem Innern wiederholt sich der nämliche Vorgang (XXVII, 22, 23). So steigt die Zahl der vom Embryosack umschlossenen Zellen reissend schnell in geometrischer Progression. Der Embryosack selbst wächst dabei sehr bedeutend auf mehr als das zwanzigfache seines früheren Volumens, indem er die aufgelockerten Zellen des ihm zunächst angrenzenden Theils des Eykerns verdrängt; seine Wand, bis dahin sehr zart, wird dick, glasartig; endlich auf der Aussenfläche gekörnelt. Gleichzeitig beginnt aufs Neue eine sehr lebhafte Vermehrung der Zellen des Eychens, mit Ausnahme des obern von den Pollenschläuchen durchzogenen Theile des Eykerns, welcher stationär bleibt; das Ey wächst von $1/3$ Linie bis auf $2\,1/2$ Linie.

Mitte Mai beginnt eine einfache Schicht von Zellen der Innenwand des Embryosacks sich anzulagern (XXIII, 20). Die Seitenwände dieser Zellen berühren dabei einander noch nicht auf allen Punkten (XXVII, 20^b); wird der Embryosack durch allmälig gesteigerten Druck gesprengt, so werden die Zellen seines Inhalts, auch die der Wand angelagerten, in Form kugeliger Bläschen durch den Riss ausgetrieben (XXVII, 27). Das feste Aneinanderschmiegen erfolgt erst nachdem noch mehrere Zellschichten dieser sich anlagerten (XXVIII, 1, 2). Die Zellenvermehrung dauert dabei stetig fort, sowohl in den freien Zellen des Centrum als in den zu Parenchym vereinigten der Peripherie. So entsteht endlich ein den Innenraum des Embryosacks aufs neue völlig ausfüllender Eyweisskörper, weit umfangreicher und aus weit zahlreicheren Zellen zusammengesetzt, als der welcher beim Eintritt der Winterruhe vorhanden war (XXVIII, 3).

Die Entwickelungsgeschichte des Eyweisskörpers von Juniperus ähnelt sehr derjenigen der Arten von Pinus mit zweijähriger Samenreife. Im untersten Theile des Eykerns findet sich vor dem Ausstreuen des Pollens eine grössere von concentrischen Lagen kleinerer Zellen umhüllte Zelle: der Embryosack. Sie füllt sich, kurz nachdem die auf die Kernwarze gelangten Pollenkörner Schläuche zu treiben begannen, mit wenigen Zellen (XXXIII, 2^b). In solchem Zustande verharrt das Ey den ersten Sommer und den Winter über. Mit Eintritt der nächsten Vegetationsperiode nehmen Ey und Embryosack an Grösse rasch

* Frühere Beobachter haben den von Zellgewebe erfüllten Embryosack durchweg für einen Hohlraum im Gewebe des Eykerns gehalten (*Hartig* Naturgeschichte der Forstculturpflanzen, Erklärung zu fig. 17 der Taf. XXV. *Gottsche* Berliner bot. Zeit. 3. Jahrg. (1845) Sp. 380). Ganz neuerdings deutete *Pineau* die Erscheinung richtig (Annales des sc. naturelles III. Série, tome II, p. 85).

und bedeutend zu; dabei vereinzeln sich die Primordialschläuche der den Embryosack ausfüllenden Zellen. Durch lebhafte Vermehrung dieser Primordialzellen entstehen zahlreiche, in der Inhaltsflüssigkeit des Embryosacks frei schwimmende Zellen. Bald (Anfang Mai des zweiten Jahrs) kleiden sie die Innenwand des Embryosacks als zusammenhängende Zellschicht aus (XXXIII, 4); durch Theilung der Zellen derselben, verbunden mit der Anlagerung neuer Zellschichten an die Innenseite der zuerst gebildeten, füllt sich der Embryosack bald, binnen Wochenfrist, zum zweitenmale mit geschlossenem Zellgewebe.

Weit einfacher ist die Entwickelung des Eyweisskörpers von Taxus. Hier sind es, wie schon erwähnt, mehrere im Mittelpunkt des unteren Theils des Eykerns gelegene, von in schaalige Schichten geordnetem Zellgewebe umgebene grössere Zellen, welche die Anlagen zu Embryosäcken darstellen (XXXI, 1—3). Bald nach dem Verstäuben des Pollens lockert das jene Zellen umgebende Gewebe sich auf (XXXI, 6; 7). Es beginnt eine beträchtliche Grössezunahme der werdenden Embryosäcke, die in vielen Fällen nur in einem derselben andauert, während die übrigen im Wachsthum zurückbleiben, verschrumpfen und gleich den aufgelockerten Zellen des umhüllenden Gewebes endlich aufgelöst und vom Embryosack verdrängt werden (XXXI, 8, 9, 10). Oft aber bilden auch zwei jener grösseren Zellen zu Embryosäcken sich aus (XXXI, 13). Der Kern der zum Embryosack bestimmten Zelle wird früh resorbirt, sie nimmt dabei gewöhnlich Flaschenform an (XXXI, 9). Bald zeigen sich in ihrem oberen Theile gleichzeitig zwei neue Kerne, der die Innenwand auskleidenden Schleimschicht eingebettet (XXXI, 10, 11). Bald treten auch im unteren Theile des jungen Embryosackes mehr und mehr Zellenkerne in ähnlichem Lagenverhältnisse auf (XXXI, 12, 13). Bei ihrem Entstehen sind sie häufig ohne Kernkörperchen, während auf späteren Altersstufen Kernkörperchen nie vermisst werden. Um jeden der der Innenwand des Embryosacks angelagerten Kerne bildet sich eine Zelle (XXX, 14). Bald schliessen die Wände der jungen Zellen sich aneinander; so füllt sich der Embryosack mit geschlossenem Zellgewebe, ausgenommen sein verjüngtes oberes Ende, welches noch lange freischwimmende Zellenkerne enthält (XXI, 15^b, 16), bis endlich auch in diese Spitze hinein die Parenchymbildung sich fortsetzt. — Bei den Abietineen mit einjähriger Samenreife füllt sich der Embryosack wenige Tage nach dem Verstäuben des Pollens mit einem geschlossenen Gewebe grosser Zellen (XXX, 3, 4), durch deren stetige Vermehrung nach allen drei Richtungen der Eyweisskörper an Masse zunimmt.

Bei allen Coniferen beginnt, nachdem der Embryosack mit Zellgewebe sich vollständig füllte, ein beträchtliches Wachsthum einiger dicht unter dem Mikropyle-Ende des Eyweisskörpers gelegenen Zellen, welches eintritt noch lange bevor die Zellenvermehrung in den Nachbarzellen aufgehört hat (XXVIII, 4, 5, 6, 7). So differenzirt sich vom umgebenden Gewebe der wesentliche Theil, die grosse sphärische Zelle, der sogenannten Corpuscula. Bei den Abietineen ist jedes Corpusculum von dem nächst benachbarten durch mindestens eine, oft durch sehr viele Zellschichten getrennt (XXVIII, 5, 6, 7). Die Corpuscula von Juniperus und Cupressus grenzen unmittelbar aneinander (XXXIII, 5, 6, 8, 9, 25). Bei Taxus berühren sich bisweilen zwei der Corpuscula (XXX, 18, 22); die meisten sind durch dicke Lagen von Zellgewebe von einander getrennt.

Die Corpuscula von Taxus sind kurz-, die der Abietineen langgestreckt ellipsoïdisch; die von Juniperus und Cupressus lang prismatisch mit stumpfen Kanten und verjüngten Enden. Nicht immer beschränkt sich die Bildung der Corpuscula auf das Mikropyle-Ende des Eyweisskörpers. Namentlich

bei Juniperus finden sich mancherlei Unregelmässigkeiten: bisweilen nur beträchtliche Grössenzunahme tief nach unten gelegener Zellen des Eyweisskörpers (XXXIII, 10), bisweilen sogar die Bildung eines in allen Stücken vollständigen, in der Mitte einer der Seitenflächen des Eyweisskörpers ausmündenden Corpusculum.

Der Scheitel jedes Corpusculum ist bei seiner Entstehung nur durch eine einfache Zelle von der Innenwand der oberen Wölbung des Embryosacks getrennt. Bei den meisten Coniferen entstehen in dieser Zelle durch einmal sich wiederholende Theilung vier in einer Ebene liegende Zellen, die durch dick schleimigen vielkörnigen Inhalt vor den Nachbarzellen sich auszeichnen; so bei Pinus silvestris (XXVIII, 8—11), Pinus Strobus, austriaca (XXIX c. 1) maritima, Mughus; Abies excelsa (XXX, 1, 2), pectinata, balsamea; Taxus baccata (XXI, 18^b, 19^c), canadensis (XXXII, 1—6); Juniperus sibirica (XXXIII, 6), communis (XXXIII, 9, 13, 15); Cupressus pyramidalis (XXXIII, 25, 26). Eine auffallende Ausnahme hiervon macht Pinus (Tsuga) canadensis. Hier theilt sich die eine, den Scheitel der Corpuscula deckende Zelle nicht durch sich kreuzende Längswände, wohl aber mehrmals durch Querwände. Sie hält so mit der bei den Abietineen und bei Juniperus nach Bildung der Corpuscula noch fortdauernden Vermehrung der Zellen des Scheitels des Eyweisskörpers Schritt, während bei jenen Arten die Doppelpaare von Zellen, welche die obere Wölbung der Corpuscula decken, in Vertiefungen der Oberseite des Eyweisskörpers versenkt werden, welche die primäre Haut des Embryosacks überspannt. Bei Juniperus und Cupressus stehen die Scheitelzellen sämmtlicher Corpuscula mit seltenen Ausnahmen (XXXIII, 6) dicht an einander gedrängt auf dem Grunde einer weiten Einsenkung des Scheitels des Eyweisskörpers (XXXIII, 9). Das obere Ende des Eyweisskörpers von Pinus zeigt so viele trichterförmige Vertiefungen, als Corpuscula vorhanden sind; jeder dieser kurzen Gänge führt auf ein einzelnes Corpusculum zu.

Die dem Corpusculum seitlich und von unten zunächst angrenzenden Zellen des Eyweisskörpers theilen sich oft wiederholt durch auf den Flächen desselben senkrechte Wände. So bildet sich (besonders auffällig bei den Abietineen) eine das Corpusculum umhüllende Schicht kleiner, mit körnigem Schleime gefüllter Zellen, deren Aussehen dem eines Pflaster-Epithelium nicht unähnlich ist.

Die Zahl der Corpuscula beträgt bei Pinus sylvestris und austriaca drei bis fünf, bei Abies balsamea und pectinata meist drei, bei Pinus canadensis sehr regelmässig vier (selten fünf), bei Taxus baccata fünf bis acht; eben so viele bei Juniperus.

Der primäre Kern der zum Corpusculum werdenden Zelle erhält sich ziemlich lange; bei Pinus silvestris (XXVIII, 5) bis zu der Zeit, da das Corpusculum seine halbe, bei Juniperus communis (XXXIII, 5, 8) bis zu der, da es seine volle Grösse erreicht hat. Er liegt bei Pinus gewöhnlich im oberen, der Mikropyle zugewandten Ende des Corpusculum, selten im entgegengesetzten, einer die Innenwand des Organs auskleidenden Schleimschicht eingebettet, welche bei Pinus dünn und von vielen Körnchen getrübt (XXVIII, 4, 5) bei Juniperus und Cupressus * sehr mächtig, dabei glasartig durchsichtig ist; im Centrum des Corpusculum bleibt ein nur kleiner, ellipsoïdischer, mit wässeriger Flüssigkeit erfüllter Hohlraum. Endlich wird der Kern verflüssigt; bei Pinus silvestris geht dem nicht selten voraus die Bildung

* Auf späteren Entwickelungsstufen des Corpusculum; auf früheren gehen Stränge körnigen Schleimes vom Zellenkerne strahlig aus (XXXIII, 5).

einer freien, kugeligen Zelle um eben diesen Kern* (XXVIII, 4). Endlich entschwindet er der Beobachtung, und gleichzeitig erscheinen in der Inhaltsflüssigkeit des Corpusculum zahlreiche, sehr zartwandige kugelige Zellen. Die Erscheinungen, welche bei Bildung dieser sich beobachten lassen, gleichen im Allgemeinen denen, welche bei Entstehung der Zellen des Endosperms von Phanerogamen im engeren Sinne des Worts auftreten. Die meisten Vergleichungspunkte bietet die freie Zellenbildung im befruchteten Embryosacke der Irideen.** Wie dort zeigen sich die ersten organisirten Bildungen als Bläschen von ziemlicher Grösse. Sie besitzen entweder durchaus keinen anderen, als flüssigen Inhalt, oder sie zeigen, in selteneren Fällen, frei in ihrer Inhaltsflüssigkeit schwimmend ein oder zwei kugelige Körperchen von das Licht stärker brechender Substanz (Kernkörperchen). Diese Bildungen sind nach der geläufigen Anschauungsweise für Zellenkerne zu erklären (XXX, 1[b], die kleineren der lichten Kreise). — Die grösseren jener Bläschen lassen in ihrem Inneren, etwas excentrisch gelagert, ein kleineres, kugeliges, zellenartiges Gebilde erkennen, den eben erwähnten freischwimmenden völlig ähnlich (den Zellenkern, um welchen die Zelle entstand). Nur der eine Umstand stimmt nicht völlig zu diesen Deutungen der Beobachtungen, dass bisweilen (wenn auch nicht oft) Zellen sich finden, deren einzelner Zellenkern entschieden kleiner ist, als die grösseren, ja als irgend einer der im nämlichen Corpusculum gleichzeitig beobachteten freischwimmenden Zellenkerne. Dies kann indess recht wohl auf individuellen Unterschieden beruhen. Es lässt sich sehr gut denken, dass der Zeitpunkt, in welchem um einen Zellenkern eine Zelle sich bildet, von ganz anderen Ursachen bestimmt wird, als davon, dass der Zellenkern das Maximum seiner Grösse erreicht habe. Ein Zellenkern würde lange, bevor er ausgewachsen, zum Mittelpunkte einer in der Bildung begriffenen Zelle werden können. Nimmt man an, dass sein Wachsthum dann stille gestanden habe, so wird jene Erscheinung genügend erklärt.***

Der Inhalt der Zellenkerne der in den Corpusculis von Pinus silvestris, austriaca, Strobus frei schwimmenden Zellen bricht das Licht so völlig gleichartig dem Inhalte der Zellen, dass die Kerne erst dann deutlich sichtbar werden, wenn durch längere Einwirkung von Wasser oder von Iodtinctur der Inhalt der Zelle und des Kerns verändert, die eyweissartigen Stoffe desselben zum Gerinnen gebracht werden. In den Corpusculis von Pinus canadensis bricht der Inhalt der Kerne von unten durchfallendes Licht stärker, als der der Zellen, welche hier zahlreiche sehr kleine Amylumkörnchen enthalten (XXX, 6). —

Die Menge der in den Corpusculis freischwimmenden Zellen ist bei den Abietineen so gross, dass sie das Corpusculum völlig ausfüllen. Hierauf beruht die Angabe *Mirbels* und *Spachs:* die Corpuscula seien erfüllt »par un tissu fin et jaunâtre«. Bei Taxus, Juniperus und Cupressus ist die Zahl jener Zellen gewöhnlich minder gross, doch kommen auch hier Fälle vor, in denen sie die Corpuscula völlig ausfüllen (XXXII, 18[b]).

---

* Aehnlich wie um den primären Kern des Embryosacks von Asphodelus luteus und Funkia caerulea (S. 10 und 13 meiner Schrift: die Entstehung des Embryo der Phanerogamen).

** Entstehung des Embryo, S. 27.

*** Es ist unbestreitbar, dass viele Fälle der freien Zellenbildung, namentlich der im Embryosack der Phanerogamen vorkommenden, für sich allein betrachtet zu der Lehre der Identität von Zelle und Zellenkern besser passen, als zur entgegengesetzten, von *Schleiden* begründeten. Nicht alle; in einigen Fällen (Asphodelus albus, Staphylea pinnata) sind die sich bildenden Zellen beständig von mindestens ½ mal grösserem Durchmesser, als die grössten der freischwimmenden Kerne. Die unzweifelhafte Analogie mit den vollständig beobachteten Fällen der sogenannten Zelltheilung giebt aber auch für jene minder klaren Erscheinungen die nothwendige Deutung an die Hand.

Diejenigen der vielen zartwandigen Tochterzellen des Corpusculum, welche dessen oberes und unteres Ende einnehmen, erscheinen häufig der Wölbung desselben eingepresst, ähnlich wie die Keimbläschen der Phanerogamen und ihre Gegenfüsslerinnen den beiden Enden des Embryosacks. Im oberen Ende des Corpusculum finden sich ihrer nur, wenn die Wölbung desselben besonders steil ist, und dann meist mehrere (XXIX, 1; XXXI, 18^b, 19^c); im unteren, rascher verjüngten Ende nur eine, die eine von oben her stark abgeplattete Form hat (XXVIII, 11, 12; XXX, 2; XXXI, 18^b; XXXII, 1).

Die Pollenschläuche beginnen, nach der Unterbrechung, welche ihr Wachsthum auch bei den Coniferen mit einjähriger Samenreife erleidet, aufs Neue gegen den Embryosack hin vorzudringen; ungefähr zu der Zeit, da die Differenzirung der Corpuscula von dem umgebenden Gewebe anhebt. Sie erreichen den Eyweisskörper nach deren vollendeter Ausbildung: bei Pinus silvestris, Juniperus sibirica Anfang Juni, bei Pinus Strobus, Juniperus communis Ende Juni des zweiten Jahres; bei Abies excelsa, Taxus canadensis Mitte, bei Taxus baccata Ende Mai, bei Pinus canadensis Ende Juni des ersten Jahres. Je tiefer die Pollenschläuche in den Eykern dringen, um so mehr nehmen sie an Dicke zu; eine Erscheinung die am schärfsten bei Taxus, am schwächsten bei den Abietineen sich ausprägt. Das Wachsthum in die Dicke des unteren Theiles des Pollenschlauchs von Taxus ist so bedeutend, dass das Organ die Form eines kegelförmigen Sackes annimmt (XXX, 18—21).. Die gewaltige Zunahme des Querdurchmessers beginnt erst nach Vollendung des Längenwachsthums.

In den erweiterten unteren Enden der Pollenschläuche der Coniferen bilden sich häufig beim Herannahen des Zeitpunktes, zu welchem das erste Rudiment des Vorkeims im Corpusculum auftritt, freie sphärische Zellen. Bei Taxus baccata und bei Juniperus communis beobachtete ich sie besonders deutlich und klar. Im Pollenschlauche der ersteren fand ich öfters eine einzelne, ziemlich grosse, vollkommen kugelige Zelle mit deutlichem Kern (XXX, 18^c, 20^b), meist freischwimmend; einmal in ihrer Nähe eine Anhäufung körnigen Schleims, von der aus Stränge nach den Wänden des Pollenschlauchs strahlten (XXXI, 18^{bc}). Im Pollenschlauche eines befruchteten Eychens der Taxus canadensis sah ich eine grosse Zahl verschrumpfter Reste kleiner Zellen (XXXII, 5). Juniperus communis zeigte mir häufig im unteren Ende des Pollenschlauchs sowohl eine einzelne grössere Zelle (XXXIII, 6) als auch zahlreiche kleinere (XXXIII, 11); in einem Falle eine beträchtliche Zahl kleinerer ellipsoïdischer Zellen und eine grössere, offenbar in Theilung begriffene (XXXIII, 12). Im Pollenschlauch der Abietineen wird die Anschauung erschwert durch die grosse Zahl dort sich bildender Amylumkörner (theils einzelne, theils Zwillings- theils Vierlingskörnchen; XXIX, 5, 6); doch lassen auch hier unzweifelhafte Fälle der Anwesenheit zellenartiger Gebilde im Pollenschlauch sich unschwer auffinden (XXIX, 6).

Es ist eine naheliegende Vermuthung, dass diese Zellchen Samenfäden erzeugen mögen. Es gelang mir bis jetzt indess nicht, Thatsachen aufzufinden, welche diese Muthmassung näher begründen könnten. Vielmehr musste ich in einigen Fällen eben erfolgender Befruchtung bestimmt mich davon überzeugen, dass der Pollenschlauch nichts weiter enthielt, als ein Gemenge wässeriger Flüssigkeit und körnigen Schleimes (XXX, 9; XXXII, 2).

Gegen die Zeit hin, da der Pollenschlauch am Eyweisskörper anlangt, wird die stark verdickte, bis dahin lederartig zähe, primäre Wand des Embryosacks, welche den Eyweisskörper umschliesst, in der Scheitelgegend erweicht. Der Pollenschlauch durchbricht sie, wie es scheint nach einigem Widerstande (er zeigt häufig an dieser Stelle eine Einschnürung oder plötzliche Verengerung; XXVIII, 23;

XXIX, 7b) und langt an den Doppelpaaren von Zellen an, welche die Scheitel der Corpuscula decken. — Bei Taxus zerstört er dabei häufig den ganzen obersten Theil des Eyweisskörpers; die vier Zellen dagegen, welche das zu befruchtende Corpusculum verschliessen, drängt er zunächst nur ein Weniges auseinander, indem er einen kurzen Fortsatz zwischen ihre aus einander weichenden Berührungskanten bis zur Aussenwand des Corpusculum treibt (XXXI, 19b; XXXII, 2, 4). Später erst, nach Entstehung des Vorkeims, verschwinden diese Zellen (XXXI, 22; XXXII, 7); oft erhalten sie sich sehr lange (XXXII, 5). Ganz in gleicher Weise verhält sich Juniperus communis (XXXIII, 12—17). Bei den Abietineen dagegen werden die Zellen, welche die obere Wölbung der Corpuscula überragen, sofort zerstört, nachdem der Pollenschlauch bei ihnen anlangte (XXVIII, 21, 23; XXIX, 5, 8; XXX, 7). Sein Ende legt sich der Aussenwand des Corpusculum an; bei Pinus canadensis breitet es dabei sich oft beträchtlich aus. Damit endet sein Vordringen in der grossen Mehrzahl der Fälle. Nur selten durchbricht er auch noch die Wand des Corpusculum, und wächst eine kurze Strecke in dasselbe hinein.*

Sehr bald nachdem das Ende des Pollenschlauchs an der oberen Wölbung des Corpusculum anlangte, zeigt die der unteren Wölbung desselben eingezwängte Zelle (das Keimbläschen) eine beträchtliche Zunahme ihrer Grösse. Ihre Aussenwand tritt in innige Verbindung mit der Innenwand des Corpusculum; ihr Inhalt nimmt rasch ein weit gesättigteres Aussehen an; ihr Kern verschwindet (XXVIII, 15; XXXII, 2; XXXIII, 12). Bald zeigt sich in ihr, dem unteren Ende eingepresst, eine grosse, gewöhnlich mehr als die Hälfte des Raums der Mutterzelle einnehmende, nach oben stark gewölbte Tochterzelle mit grossem Kern (XXVIII, 16; XXIX, 7, 8; XXX, 8, 8b; XXXIII, 12, 13), welche beinahe den ganzen Gehalt der Mutterzelle an körnigem Schleime einschliesst; der obere, von ihr frei gelassene Theil der Mutterzelle enthält nur durchsichtige Flüssigkeit. Sie theilt sich sofort, nach Auflösung ihres primären Kernes und Bildung zweier neuer, durch eine Längswand (XXVIII, 17, 18; XXIX, 9, 10); ziemlich gleichzeitig wird die Wand verflüssigt, welche die obere, von der Tochterzelle nicht eingenommene Hälfte der Mutterzelle vom Hauptraume des Corpusculum trennte. Die beiden Längshälften der Tochterzelle des Keimbläschens sind das erste Rudiment des Vorkeims der Coniferen. In ihrer Bildung gleichen sich alle, auch die in der früheren und späteren Entwickelung weit verschiedenen Arten.

Bei den Abietineen werden beide Zellen, deren Form die der Längshälften eines stumpfen Kegels mit convexer Grundfläche ist, entweder sofort aufs Neue durch Längswände getheilt, welche zur Letzt entstandenen rechtwinklig sind (XXVIII, 20; XXIX, 12, 13; XXX, 7. 7b), — oder es erfolgt zunächst eine Theilung jeder durch zur Längsachse des Corpusculum senkrechte Querwände in zwei sehr ungleiche Hälften, von denen die obere die um Vieles grössere ist. In den unteren, kleineren der neugebildeten Zellen, welche weit concentrirteren Schleim enthalten als die oberen, erfolgt sodann die Theilung durch Längswände, die vertical stehen auf der beide Zellen trennenden Wand (XXIX, 11, 14). Das letztere Vorkommen ist das seltnere.

Das Doppelpaar zweizelliger, mit rechtwinkligen Berührungskanten aneinanderstossender Parallelreihen von Zellen, aus denen der Vorkeim jetzt besteht, vermehrt die Zahl seiner Zellen durch zu

---

* Vergleiche *Pineau*, annales des sciences naturelles III. Série, T. 11, pl. 6 fig. 4 und *Schacht*, Entwickelungsgeschichte des Pflanzen-Embryon (Verhand. d. I. Cl. v. h. k. neerlandsch. Inst. v. Wittensch. te Amsterdam, III R. 2 Deel.) Taf. 11, Fig. 5—7.

noch mehreren malen wiederholte Theilung je der (unteren) Endzellen durch zur Längsachse des Organs rechtwinklige* Querwände. Dabei ist es ausnahmslose Regel, dass die unteren der neugebildeten Zellen die kleinsten, dafür aber die an Bildungsstoff reichsten sind, und dass die ältesten, obersten Zellen des Vorkeims vom Corpusculum her allmälig aufgelöst und verflüssigt werden (XXVIII, 21, 22; XXIX, 15—19; XXX, 9, 10). Der Vorkeim nimmt bis jetzt einen verhältnissmässig nur kleinen Raum ein, indem er den unteren Theil (ein Zehntel bis zu einem Fünftel etwa) des Corpusculum ausfüllt. Da seine Entwickelung die untere Wölbung des Corpusculum nach abwärts dehnte, während dessen oberer Theil stationär blieb, steht der vom Vorkeim erfüllte Theil des Corpusculum in einem weit stärkeren Verhältniss zum oberen, als der vom eben erst befruchteten Keimbläschen eingenommene. Es findet durchaus kein Wachsthum des Vorkeims aufwärts statt. Die Seitenwände seiner obersten, ältesten Zellen sind mit der Innenwand des Corpusculum ebenso innig verschmolzen, als Verdickungsschichten derselben Zellwand unter einander.

Im oberen Theile des Corpusculum sind noch jetzt die zahlreichen, sphärischen Schwesterzellen des Keimbläschens wohl zu erkennen (XXVIII, 18, 20, 22; XXIX, 2; XXX, 7). Ihre Anwesenheit** schliesst jede Möglichkeit der Richtigkeit der Auffassungen *Schleiden's*, *Schacht's* und *Geleznow's* des Vorganges bei der Embryobildung der Coniferen aus. Nach ersteren beiden soll der Pollenschlauch in eines der Corpuscula eindringen, dasselbe allmälig völlig ausfüllen, und in seinem unteren, der Wölbung des Corpusculum eingepressten Ende den Vorkeim erzeugen.*** Wäre dem so, so müsste der Pollenschlauch jenen Brei von kugeligen Zellen verdrängen, welcher den Innenraum des Corpusculum vor der Befruchtung erfüllt. Keine Beobachtung ist aber leichter, als die, dass jene Zellen noch vorhanden sind, wenn der Vorkeim auftritt. Nur sehr allmälig werden sie aufgelöst und nebst dem übrigen Inhalte des oberen Theils des Corpusculum in eine gelbliche, grumöse Masse verwandelt. — *Geleznow***** huldigt einer Auffassung, welche völlig unvereinbar ist mit jeder der bis jetzt in der Botanik dargelegten Ansichten vom Baue der Pflanzenzelle. Er lässt aus dem unteren, bis in das Corpusculum vordringenden Ende des Pollenschlauchs durch eine dort sich bildende Pore einen Theil der von der oberen, im Pollenkorn verbleibenden abgerissenen unteren Hälfte der vierten (von aussen nach innen gezählt) Membran des Pollenkorns, welche in den Pollenschlauch herab gestiegen sei, blasig hervortreten. Diese Ausstülpung werde zur Mutterzelle des Vorkeims.

---

* Richtiger gesagt, auf der Innenwand des Corpusculum radial stehende Querwände. Häufig sind sie von der Längsachse des Vorkeims stark abwärts geneigt, dabei nach oben convex (XXIX, 15, 17); die Stellung rechtwinklig zur Achse des Organs nehmen sie dann erst bei dessen späterer Längs- und Querdehnung an.

** Beobachtet schon von *Gottsche*, (berliner botan. Zeitung, 3. Jahrg. (1845) Sp. 509), ferner von *Pineau* (a. a. O. fig. 4).

*** *Schleiden* Grundzüge, II. Aufl. 2. Bd. S. 369; *Schacht* a. a. O. S. 77.

**** Bulletin de la société imp. de Moscou; Année 1849, p. 566. — Dass *Geleznow* das befruchtete Corpusculum der Lärche am Pollenschlauche aus dem Eyweisskörper hervorziehen konnte (a. a. O. t. XI f. 9) ist durchaus nicht beweisend. Es ist eine sehr allgemeine Erscheinung, dass nach vollbrachter Befruchtung der Pollenschlauch mit der unverletzten Aussenwand des Embryosackes verwächst. Bei Abies balsamea, welche Tanne einen sehr locker gewebten Eykern besitzt, lässt sich beim vorsichtigen Herausheben des Eyweisskörpers, welcher ein befruchtetes Corpusculum umschliesst, der Pollenschlauch aus dem Eykern hervorziehen. Aus dieser Thatsache, stellt man sie vereinzelt hin, könnte man mit eben so gutem Rechte den Schluss ziehen, der Pollenschlauch sei aus dem Eyweisskörper hervorgewachsen (wie denn auch *Mirbel* und *Spach* bei Taxus wirklich gethan haben). Es liegt auf der Hand, dass beim Durchzwängen des Corpusculum durch das über seinem Scheitel zusammenschliessende Zellgewebe die weicheren Theile seines Inhalts zerstört werden mussten.

Eine eigenthümliche Erscheinung zeigen die freien Schwesterzellen des Keimbläschens der Arten von Pinus mit zweijähriger Samenreife. Kurz vor der Zeit, da der Pollenschlauch an der oberen Wölbung des Corpusculum anlangt, beginnen sie ziemlich alle eine Vermehrung, welche eingeleitet wird durch Auflösung des primären Kerns, dessen Kernkörperchen sich bisweilen länger erhalten als die Membran (XXVIII, 13). An seiner Stelle erscheint im Centrum der Zelle eine Anhäufung von kugeligen Tröpfchen durchsichtigen Schleims, welche das Licht stärker brechen als die übrige Inhaltsflüssigkeit der Zelle (XXIX, 1, 4). Es zeigen sich darauf in der Zelle mehrere, zwei bis sechs, secundäre Zellenkerne, um welche neue Zellen sich bilden, die anfangs lose in der Mutterzelle liegen (XXIX, 5[b]), später durch gegenseitigen Druck sich abplatten (XXVIII, 14, 22; XXIX, 3); endlich die Mutterzelle völlig ausfüllen (XXIX, 4). In den Tochterzellen wird (bei P. Strobus) häufig die Wiederholung des gleichen Vorganges eingeleitet (XXIX, 4), durch das Absterben des inzwischen befruchteten oder fehlschlagenden Corpusculum aber abgeschnitten.

Die Zellen des Eyweisskörpers, welche den trichterförmigen Gang bilden, der auf das Corpusculum zuführt, und somit dem Pollenschlauche angrenzen, dehnen sich noch etwas in Richtung der Breite nachdem dieser die Befruchtung bewirkte. Der Pollenschlauch wird dadurch auf einen engeren Raum zusammen gedrängt; häufig sprengt der Druck des comprimirten Inhalts sein unteres Ende, so dass die Inhaltsflüssigkeit und die in ihr schwimmenden festen Körperchen zum Theil in den Innenraum des Corpusculum übertreten (XXVIII, 22[b]). Dieser Vorgang scheint nie früher statt zu finden, als geraume Zeit nach der Befruchtung. Ich fand das untere Ende des Pollenschlauchs nur dann offen, wenn jede der vier Längsreihen von Zellen des Vorkeims aus mindestens drei Zellen bestand. —

Die Zunahme der Länge des Vorkeims sprengt endlich die untere Wölbung des Corpusculum. Sofort erfolgt eine sehr beträchtliche Längsdehnung eines der Doppelpaare von Zellen, aus welchen er besteht; gewöhnlich des zweiten, von oben her gezählt (XXIX, 19—21; XXX, 11, 13); bisweilen aber auch der ersten (XXIX, 22). Das untere Ende des Vorkeims wird dadurch tief hinabgetrieben in das Gewebe des Eyweisskörpers unterhalb der Corpuscula. Die axilen Zellen des mittleren Theiles des Eyweisskörpers wurden inzwischen aufgelockert und erweicht; den immer tiefer herabsteigenden Enden der Vorkeime ist dadurch der Weg vorgezeichnet. In der breiigen Masse erweichten Zellgewebes verlaufen die immer länger sich streckenden Proembryonen in zierlichen Spiralwindungen.

Bald darauf vereinzeln sich die Längsreihen von Zellen, welche den Vorkeim zusammen setzen. Die Trennung des Zusammenhanges beginnt am unteren Ende, und schreitet von da nach oben hin vor (XXIX, 23—25). Während dieses Zerfallens des zusammengesetzten Vorkeims in vier (mit seltensten Ausnahmen mehr) einfache Zellenreihen werden, falls vier niedrigere Zellen sein oberes, vom Corpusculum umschlossenes Ende bildeten, diese verflüssigt (XXX, 24, 25).

Kurze Zeit nachdem die Zellenreihen des Vorkeims sich trennten, beginnt in der Endzelle, einer jeden, entweder sofort oder nach noch einigen Theilungen durch horizontale Wände, die Bildung des Embryo selbst durch stetig wiederholte Theilung je der Scheitelzelle mittelst wechselnd rechts und links geneigter Wände, Theilung der Zellen zweiten Grades durch radiale, der Zellen dritten Grades durch der Achse parallele Längswände in innere und äussere, und so fort, nach Art der Zellenvermehrung der Fruchtanlage der Laubmoose, der Endknospe von Equisetum und Anderer (XXIX, 27, 28; XXX. 14—21). — Rudimentäre Embryonen sind in dem halbreifen Saamen mindestens viermal so viele

vorhanden, als Corpuscula befruchtet wurden. Von den Vielen aber entwickelt in der grossen Mehrzahl der Fälle nur einer sich rasch und kräftig; die übrigen bleiben hinter ihm weit zurück, verkümmern allmälig und sterben endlich ab. — Während der Bildung des Embryo strecken auch die jüngeren, unteren Zellen des zum Embryoträger gewordenen Vorkeims, endlich auch die seines massigen, dem Embryo unmittelbar angrenzenden Theils sich beträchtlich in die Länge (XXX, 17—19, 21). Die letzteren treten dann auch aus dem Zusammenhange mit den seitlich ihnen angrenzenden (XXX, 19), und ähneln so häufig aufs Täuschendste der Gegend nahe dem unteren Ende eines noch nicht in seine Längsreihen von Zellen zerfallenen Vorkeims. *

Nach dem Eindringen des Vorkeims in die mittlere Region des Eyweisskörpers lassen die Wände des Corpusculum sich unschwer vom umgebenden Gewebe trennen. Sie zeigen jetzt netzförmig geordnete vorspringende Leisten der Aussenseite, deren Verlauf dem der Berührungskanten der Nachbarzellen entspricht, und verhältnissmässig grosse, flache Tüpfel. Besonders ausgebildet sind diese Erscheinungen an Pinus canadensis (XXX, 13). Bei dieser Art werden auch die oberen Wölbungen der obersten vier Zellen des Vorkeims durch Anlagerung auf die Innenseite zahlreicher Schichten gallertähnlichen Stoffes in der Regel stark verdickt (XXX, 11, 12); bisweilen finden sich auch auf den Aussenwänden dieser Zellen seltsam geformte Anhäufungen ähnlicher Substanz (XXX, 13).

Nie sah ich bei den Abietineen eine Verästelung eines Pollenschlauches. Jedes Pollenkorn treibt nur einen einzigen Schlauch; sollen mehrere Corpuscula desselben Eys befruchtet werden, so ist es unerlässlich, dass mehrere Pollenkörner auf die Kernwarze gelangen.

Die massenhafte Entwickelung des Pollenschlauchs von Taxus bewirkt oft die Befruchtung mehrerer Corpuscula durch einen und denselben Pollenschlauch XXXII, 7, 7[b]). Im befruchteten Keimbläschen entsteht, wie bei den Abietineen, eine grosse kugelige Tochterzelle (XXX, 2), die der unteren Wölbung der Mutterzelle und des Corpusculum sich einpresst. Sie theilt sich mehrmals wiederholt durch Längswände, bevor sie die Zahl ihrer Zellen in Richtung der Länge vermehrt. Nicht häufig besteht der Vorkeim aus nur vier Längsreihen von Zellen (XXXII, 6, 8), gewöhnlich aus sechsen (XXXII, 10). Bei der Längsentwickelung des Vorkeims verhalten dessen Zellreihen sich sehr verschieden. In einigen erlischt Vermehrung und Wachsthum schon sehr früh; es ist eine gewöhnliche Erscheinung, dass das obere Ende des Vorkeims einige dreiseitige, nach unten rasch sich verjüngende Zellen zeigt, welche keiner der Längsreihen angehören, die weiter abwärts den Vorkeim zusammensetzen (XXXII, 7[b], 9). Ganz allgemein entwickeln zwei oder eine der Längsachse des Vorkeims unmittelbar angrenzende Längsreihen von Zellen sich stärker, vermehren ihre Zellen in Richtung der Länge schneller, als die mehr peripherischen (XXXI, 22; XXXII, 7, 10). Der Vorkeim zerfällt erst spät in einfache Zellenreihen, und dann auch gewöhnlich nur theilweise. In der Regel gelangt nur eine derselben über die ersten Anfänge der Embryobildung hinaus. **

---

* Es beruht ohne Zweifel auf dieser Erscheinung, dass einige Forscher, namentlich *Geleznow*, das Zerfallen des Vorkeims in einzelne Embryoträger in Abrede stellen.

** *Hartig* Beitr. zur Entwickelungsgesch. d. Pflanzen, Leipzig 1844, fig. 25 und auch *Schacht* (a. a. O. Tf. IX, fig. 11, 13 stellen die jüngste Entwickelungsstufe des Vorkeims als eine eyförmige Masse parenchymatischen Zellgewebes dar. Ich kann dies nicht bestätigen; der Vorkeim erschien mir, auch in seiner frühesten Jugend, stets deutlich aus Längsreihen von Zellen zusammen gesetzt.

Nachdem der Pollenschlauch von Juniperus die Wand des Embryosacks durchbrochen, erfüllt er völlig die weite Einsenkung des Scheitels des Eyweisskörpers, deren Grund die Deckelzellen der Corpuscula einnehmen. Der eine Pollenschlauch befruchtet ausnahmslos mehrere Corpuscula. Dabei zerstört er nicht immer sofort die vier Zellen, welche den Scheitel jedes Corpusculum decken; häufig drückt er sie nur stark zusammen (XXXIII, 12, 14). Das befruchtete, dem unteren Ende des Corpusculum eingepresste Keimbläschen erzeugt auch hier eine, seine untere Wölbung ausfüllende Tochterzelle, welche den ganzen Gehalt der Mutterzelle an Protoplasma einschliesst. Die obere Wand der letzteren wird meist bald verflüssigt (XXXIII, 12, 13); erhält sie sich länger (ein seltner Fall) so tritt schon in dieser obersten der zwei Zellen des eben angelegten Vorkeims sofort die starke Dehnung nach unten ein, welche in allen den Zellen des Vorkeims nach einiger Zeit erfolgt (XXXIII, 14).* Auch die fernere Entwickelung der Tochterzelle des befruchteten Keimbläschens gleicht im Wesentlichen der der Abietineen. Sie theilt sich durch Längswände; die länglichen Tochterzellen durch Querwände, welch letztere Theilung je in den Endzellen sich wiederholt. Die Zahl der Längstheilungen der zweiten Zelle des Vorkeims ist aber bei Weitem minder bestimmt, als bei den Abietineen. Zwar ist die Vierzahl der Zellenreihen des Vorkeims auch hier die gewöhnlichere; es finden sich aber oft auch Proembryonen, die aus nur zweien, oder durch Längstheilung einer derselben aus drei Längsreihen von Zellen bestehen (XXXIII, 16, 20).

Diese Zellenreihen treten sehr bald aus dem Zusammenhange, nachdem der Vorkeim die untere Wölbung des Corpusculum durchbrach. Ihre Längsdehnung ist noch bedeutender, als bei den Abietineen. Tritt nach der letzten Theilung der Endzelle einer der vereinzelten Zellenreihen durch eine Querwand (XXXIII, 22), die Bildung des Embryo ein durch Entstehung wechselnd geneigter Wände in der unteren der neu gebildeten Zellen, so wächst das untere Ende der letzten Zelle des Vorkeims, dem der Embryo ansitzt, sehr beträchtlich in die Breite (XXXIII, 21, 23, 24). — Auch bei Juniperus pflegen alle die zahlreichen jungen Embryonen zu missrathen bis auf einen.

Der Entdecker der Polyembryonie der Coniferen ist *R. Brown*,** der auch in einer späteren Abhandlung (1834)*** die Entstehung des Vorkeims in grossen Zellen des Eyweisskörpers (von ihm mit den Namen der Corpuscula belegt) nachwies. Dass die Pollenschläuche bis ins Innere der Corpuscula eindringen, legte zuerst *Corda* dar.**** Die erste genaue Schilderung der Beschaffenheit des Vorkeims gab *Schleiden* (1843),† er hielt, wie auch mehrere spätere Forscher thaten, den Vorkeim für den Embryo. *Hartig*†† war der Erste, welcher erkannte, dass der obere Theil des Embryoträgers eine einfache Zellenreihe sei.

---

* Diese vergrösserten oberen Theilhälften des befruchteten Keimbläschens zeigen dann auch einen sehr vergrösserten Zellenkern, zum Theil mit ebenfalls stark herangewachsenem Kernkörperchen. Das Vorkommen von Theilungen des Keimbläschens in eine obere und untere Hälfte, von denen die letztere zu lebhafter Weiterentwickelung bestimmt ist, die erstere stationär bleibt und bald einen Zellenkern enthält, bald nicht — erinnert an die ähnlichen Erscheinungen bei Gagea, Fritillaria (Entstehung des Embryo S. 20, 21).

** Annales des sc. naturelles, I. Série, t. 8, p. 211.

*** Annales des sc. naturelles, II. Série, t. 20, p. 193.

**** Nova Acta Acad. Carol. Leop. t. XVII p. II pg. 599: Im übrigen ist diese Arbeit völlig werthlos durch die Falschheit der meisten Angaben. Einige sind geradezu aus der Luft gegriffen.

† Grundzüge, 1. Aufl., B. II S. 375. *R. Brown's* Darstellung des jungen Vorkeims ist unvollständig; er bildet (a. a. O. tome XX, pl. 5, f. 9.) einen Proembryo ab, dessen kleinere, weiterer Vermehrung fähige Endzellen abgerissen sind.

†† Naturgeschichte der Forstculturpflanzen, Erklärung zur Tafel XXV.

Das Verhältniss der Embryoträger zum Vorkeim blieb ihm unklar. *Mirbel* und *Spach** entdeckten das Zerfallen der Proembryonen in einzelne Zellenreihen bei Pinus, Thuja und Taxus. Die treffliche Arbeit *Gottsche's*** giebt, neben sorgfältigster Kritik der bereits bekannten Thatsachen, die erste genaue Beschreibung des Baues der Corpuscula von Pinus, den wiederholten und vollständigen Nachweis des Vordringens der Pollenschläuche bis zu den Corpusculis. Durch die Darlegung, dass das Rudiment des Vorkeims sich im unteren Ende des Corpusculum zeigt, während die Schwesterzellen des Keimbläschens noch vorhanden sind, erledigte *Gottsche* in der Hauptsache die Frage von der Befruchtung der Coniferen. — Die vorstehenden Untersuchungen sind aus den Jahren 1848 u. 49.*** Ich habe im Laufe dieser Mittheilungen ihrer Uebereinstimmung mit der später erschienenen Arbeit *Pineau's*, ihrer Differenzen von der *Geleznow's* und *Schacht's* bereits Erwähnung gethan.

* Annales des sc. naturelles. II. Série, t. 20, p. 257 (1843).
** Berliner botanische Zeitung, 3. Jahrg. (1845) Sp. 377.
*** Vorgetragen in der Augustsitzung 1849 der Leipziger naturforschenden Gesellschaft.

RÜCKBLICK.

Der Vergleich des Entwickelungsganges der Laub- und Lebermoose einerseits, der Farrn, Equisetaceen, Rhizocarpeen und Lycopodiaceen andererseits zeigt die vollste Uebereinstimmung der Fruchtbildung der einen mit der Embryobildung der anderen. Das Archegonium der Moose, das Organ, innerhalb dessen die Fruchtanlage gebildet wird, ist vollkommen gleich gebaut dem Archegonium der Farrn (im weitesten Sinne), dem Theile des Prothallium, in dessen Innerem der Embryo der wedeltragenden Pflanze entsteht. Es ist bei beiden grossen Gruppen der höheren Cryptogamen eine in der grösseren Centralzelle des Archegonium frei entstehende Zelle, durch deren stetig wiederholte Theilung bei den Moosen die Frucht, bei den Farrn die beblätterte Pflanze entsteht. Bei beiden unterbleiben die Theilungen dieser Zelle, bei beiden schlägt das Archegonium fehl, wenn nicht zu der Zeit, da der Scheitel desselben aufbrach, Samenfäden zu demselben gelangen.*

Moose und Farrn bieten somit eines der auffälligsten Beispiele eines regelmässigen Wechsels zweier in ihrer Organisation weit verschiedener Generationen. Die erste derselben, aus der keimenden Spore hervorgegangen, entwickelt Antheridien und Archegonien, bald wenige, bald viele. In der Centralzelle des Archegonium entsteht in Folge der Befruchtung durch die aus den Antheridien entleerten Spermatozoïden die zweite Generation, bestimmt Sporen zu erzeugen, deren sie stets eine weit grössere Zahl bildet, als die erste Generation Anlagen zur Frucht trug.

---

* Moose nnd Farrn sind (nebst den Charen) die einzigen Pflanzen, bei welchen Samenfäden mit Bestimmtheit bekannt sind. Die der Florideen sind dem Entdecker selbst noch nicht ausser Zweifel (*Nägeli*, die neueren Algensysteme, Zürich 1847, S. 190). — *Itzigsohn* glaubt, neuerdings bei den Flechten Spermatozoiden nachgewiesen zu haben (Berliner botan. Zeitung, 8. Jahrg. Sp. 393, 918). Die braunen Knötchen des Thallus der Borrera ciliaris enthalten in gestreckten Zellen kurz cylindrische, an beiden Enden stumpfe, stabförmige Körperchen, welche niemals andere Bewegungserscheinungen zeigen als die Molecularbewegung. Lässt man nach *Itzigsohns* Vorschrift die Flechte bis zum beginnenden Faulen in Wasser liegen, so zeigen sich in der Flüssigkeit, wie auf und in allen von der Fäulniss angegangenen Theilen der Pflanze (auch solcher Borreren die gar keine jener Knötchen trugen), sehr zahlreiche kleine, unmessbar dünne, fädliche Körperchen, mehr als dreimal länger denn jene stabförmigen, welche aussehen wie aus einer Punktreihe zusammengesetzt. Sie besitzen eine träge Bewegung, der einer schwimmenden Schlange ähnlich; die Ortsveränderung ist langsam, aber bestimmt. Ich halte diese Organismen für Infusorien.

Das vegetative Leben ist bei den Moosen ausschliesslich der ersten, ausschliesslich die Fruchtbildung der zweiten Generation zugetheilt. Nur der belaubte Stengel wurzelt; die sporenbildende Generation zieht ihre Säfte aus jenem. Die Frucht ist meist von viel kürzerer Lebensdauer, als die blättertragende Pflanze. Bei den Farrn ist das Verhältniss ziemlich umgekehrt. Zwar treiben die Prothallien Haarwurzeln; die der Polypodiaceen und Equisetaceen unter allen Verhältnissen, die der Rhizocarpeen und der Selaginellen häufig. Aber das Prothallium lebt weit kürzere Zeit, als die wedeltragende Pflanze, die in den meisten Fällen mehrere Jahre vegetiren muss, bis sie zur Fruchtbildung gelangt. Der Gegensatz ist indess nicht so gar schroff als er dem ersten Blicke erscheint. Die scheinbar unbegrenzte Lebensdauer der blättertragenden Moospflanze beruht nur auf steter Verjüngung. In den Grundzügen ähnliche Erscheinungen finden sich bei sprossenden Prothallien von Polypodiaceen und Equisetaceen. Der Bau der niedersten Moose (Anthoceros, Pellia) ist minder zusammen gesetzt, die Lebensdauer der fruchttragenden Sprossen wenig länger, als die der Frucht. Auf der anderen Seite ist die Verzweigung des Prothallium der Equisetaceen überaus mannigfach; ist die Lebensdauer desselben nicht eben kürzer, als die eines einzelnen Sprosses.

Es ist ein beachtenswerther Umstand, dass bei der zweiten, zur Sporenbildung bestimmten Generation der Moose wie der Farrn in der Regel complicirtere Verdickungen von Zellwänden (Zähne des Peristoms der Laubmoose, Kapselwand und Elateren der Lebermoose, Gefässe der Farrn) vorkommen, während in der ersten der Spore entsprossenen Generation deren nur selten und ausnahmsweise sich finden.

Die Art, in welcher die zweite Generation auf der ersten entsteht, ist bei den Farrn weit mannigfaltiger als bei den Moosen. Die Polypodiaceen und Equisetaceen sind hermaphroditisch, die Rhizocarpeen und Selaginellen monöcisch. Alle Farrn aber stimmen darin überein, dass die erste Achse ihres Embryo nur eine sehr begrenzte Längsentwickelung besitzt; dass eine Achse zweiter Ordnung es ist, welche das Prothallium durchbricht und zur Hauptachse wird; — ferner darin, dass das Ende der Achse erster Ordnung sich nie dem Scheitel entgegengesetzt verlängert. Alle Farrn sind ohne Hauptwurzel, haben nur Adventivwurzeln.

In mehr als einer Beziehung hält die Bildungsgeschichte des Embryo der Coniferen die Mitte zwischen den höheren Cryptogamen und den Phanerogamen. Gleich der Urmutterzelle der Sporen der Rhizocarpeen und Selaginellen ist der Embryosack eine der axilen Zellen der Sprossung, welche dort zum Sporangium, hier zum Eychen sich umwandelt. Auch bei den Coniferen tritt der Embryosack früh aus dem mechanischen Zusammenhange mit dem allseitig ihn umschliessenden Zellgewebe. Die Ausfüllung des Embryosacks durch den Eyweisskörper lässt sich vergleichen der Entstehung des Prothallium der Rhizocarpeen und Selaginellen. Der Bau der Corpuscula hat die schlagendste Aehnlichkeit mit dem der Archegonien der Salvinie, noch mehr der Selaginellen. Abgesehen von der verschiedenen Art der Befruchtung, bei den Rhizocarpeen und bei Selaginella durch freischwimmende Samenfäden, bei den Coniferen durch einen Pollenschlauch (in dessen Innerem vielleicht Samenfäden sich bilden), unterscheidet sich die Umwandelung des Keimbläschens zur Urmutterzelle der neuen Pflanze bei Nadelhölzern und Farrn lediglich dadurch, dass bei letzteren nur ein einziges Keimbläschen vorhanden ist, welches den Innenraum der Centralzelle des Archegonium völlig ausfüllt; bei ersteren sehr zahlreiche Keimbläschen in ihr schwimmen, von denen nur das eine, dem unteren Ende des Corpusculum eingepresste be-

fruchtet wird. — Der Embryosack der Coniferen lässt sich betrachten als eine Spore, welche von ihrem Sporangium umschlossen bleibt; das Prothallium, welches sie bildet, tritt nicht ans Licht. Der Befruchtungsstoff, um zu den Archegonien dieses Prothallium zu gelangen, muss durch das Gewebe des Sporangium hindurch einen Weg sich bahnen.

Zwei der Erscheinungen, um derentwillen ich den Embryosack der Coniferen mit den grossen Sporen höherer Cryptogamen verglich, hat er mit dem Embryosack der Phanerogamen gemein: die Entstehung aus einer axilen Zelle des Eysprösschens, und die Unabhängigkeit vom angrenzenden Zellgewebe (so auffällig z. B. bei den Rhinanthaceen durch das selbstständige Wachsthum des Embryosacks). Dadurch, dass ihre Pollenkörner Schläuche entwickeln, verknüpfen sich die Nadelhölzer eng den Phanerogamen, von denen sie sich durch den Entwickelungsgang ihres Embryosacks und ihrer Keimbläschen so sehr unterscheiden. — Das Zerfallen des Vorkeims der Coniferen in eine Mehrzahl selbstständiger Embryoträger ist eine Erscheinung eigenthümlichster Art, für die im ganzen Pflanzenreiche kein Analogon sich findet. —

Beziehen auch die im Vorstehenden mitgetheilten Untersuchungen der Regeln der Zellenvermehrung verschiedener Organe der Pflanzen (mit Ausnahme der an Nadelhölzern angestellten) sich nur auf die eine, scharf umgrenzte, durch viele Eigenthümlichkeiten ausgezeichnete Gruppe der höheren Cryptogamen, so glaube ich doch einen allgemeineren Schluss aus ihnen ziehen zu dürfen; den nämlich dass jede Hoffnung aufgegeben werden muss, aus der Art der Zellenvermehrung ein allgemein gültiges Unterscheidungskennzeichen zwischen Achse und appendiculären Organen abzuleiten. Die Unterschiede der Entwickelung von Blatt und Stengel sind nur quantitativ, nicht qualitativ.* Nur Stamm und Blatt, mit allen ihren Modificationen als zusammengehörendes Ganze der Wurzel gegenüber gestellt, zeigen eine durchgreifende Verschiedenheit der Regeln ihrer Zellenvermehrung von dieser.

Aber auch die Merkmale, welche *Nägeli* in jener scharfsinnigen Abhandlung zur Unterscheidung von Blatt und Stamm aufstellte, erweisen sich als nicht stichhaltig. Zwar entsteht das Blatt dicht unterhalb des Punctum vegetationis, vor der Vollendung der Zellbildung in die Dicke. Aber unter gleichen Verhältnissen entstehen häufig Haare (Polytrichum, Plagiochila asplenioides, Pellia, Aneura, Pilularia). — Ein neuer Stamm entsteht nur dann im Innern des Zellgewebes der Mutterachse, wenn ein Adventivspross sich bilden soll; in allen anderen Fällen an der Oberfläche der Mutterachse, und zwar vor der Vollendung der Gewebezellbildung in die Dicke.**

Die Formen der Zellenvermehrung sind bei weitem nicht so mannigfaltig, als es die viel verschiedenen Formen ausgebildeter Organe vermuthen lassen sollten. So ist z. B. die Regel der Zellenvermehrung des Stengels von Selaginella, von Aneura und von Metzgeria wesentlich die gleiche: so stimmt die Zellenvermehrung vieler Blätter überein mit der der Triebe der Marchantieen u. s. f. — Die stielrunden Stengel aller Moose und Farrn, wie auch die Achse des Embryo der Coniferen wachsen durch dauernde Vermehrung einer Scheitelzelle durch wechselnd rechts und links geneigte Wände. In

* Ich verweise auf S. 65 und 92.

** Dass das Blatt aus einer einzigen über die Aussenfläche der Stammspitze hervortretenden Zelle entstehe, dass es durch Zellenbildung in einer endständigen Scheitelzelle in die Länge wachse, ist für die unendliche Mehrzahl der Fälle entschieden unrichtig; in keinem Falle mehr, als bei der von *Nägeli* so oft als Beispiel angeführten Blattbildung von Equisetum.

so weit bestätigen meine vorstehenden Untersuchungen zum Theil einen der Aussprüche *Nägeli's.* * Die Ausdehnung jenes Satzes auf die Phanerogamen im Allgemeinen halte ich aber zur Zeit für durchaus ungerechtfertigt. Bei nur wenigen, meist den Monocotyledonen angehörigen Familien konnte ich mich mit Bestimmtheit von einem ebensolchen Wachsthum der Stammspitze überzeugen. In anderen Fällen (ich nenne als besonders auffällige Viscum album und Lythrum salicaria) glaube ich mich in der Annahme nicht zu irren, dass die wiederholte gleichzeitige Theilung mehrerer Scheitelzellen das Längenwachsthum des Stengels vermittle.

* Zeitschr. f. Botanik, H. 3 u. 4. S 177 unter 1.

ERLÄUTERUNGEN ZU DEN ABBILDUNGEN.

Tafel I.

Anthoceros laevis.

1. Keimpflänzchen, von oben gesehen. Vergrösserung 15.
2—6. Enden von Sprossungen in schattiger Lage in Töpfen gezogener Pflanzen. (S. 2) Dieselbe Vergrösserung.
7. Theil einer auf sonnigem Felde gewachsenen Pflanze. Dieselbe Vergrösserung.
8. Längsschnitt senkrecht auf die Fläche durch einen in lebhaftem Wachsthum begriffenen Trieb. Nur in den Zellen des fortwachsenden Vorderrands ist der Inhalt gezeichnet. Die jüngste Zelle zweiten Grades gehört der Oberseite des Sprosses an. — Der Vorderrand des Sprosses ist umhüllt von einer auf der Aussenseite verhärteten Schleimschicht, der Staub- und Sandkörnchen ankleben (S. 2. 3). Vgr. 500.
9. Ein ähnliches Präparat. Die zwei jüngsten Zellen dritten Grades (der Unterseite angehörig) sind noch nicht durch zur Längsachse des Sprosses rechtwinklige, auf der Aussenfläche senkrechte Wände getheilt. Dieselbe Vergrösserung.
10. 11. Aehnliche Präparate. Der Schnitt hat in der Entwickelung begriffene Archegonien getroffen (S. 5). Vgr. 300.
12. Junger Spross von oben. Vgr. 500.
13—15. Dergleichen. Vgr. 400.
16. Brutknospe im Querschnitt senkrecht auf die Fläche. Vgr. 500.
17. Ein junger schmaler Spross, in eben solchem Querschnitt. Vgr. 200.
18. Vorderer Theil eines halbentwickelten Sprosses von oben. Vgr. 300.
19. Querschnitt senkrecht auf die Fläche eines etwas weiter entwickelten Sprosses: der Theil nahe der Mittellinie. Vgr. 300.
20. Aus demselben Präparate. Eine Stelle nahe dem Seitenrande. Vgr. 300.
21. Einer der Seitenränder desselben Präparats. Vgr. 300.
22. Vorderrand eines halbentwickelten Sprosses von unten. Vgr. 200.
23. Rudiment einer Brutknospe im Längsschnitt senkrecht auf die Fläche des Muttersprosses (S. 9). Vgr. 500.
24—27. Brutknospen, etwas weiter ausgebildet; 24 und 26 von der Fläche, 25 und 27 von der Seite gesehen. Vgr. 300.
28. Längsdurchschnitt einer jungen Brutknospe. Vgr. 500.
29. Längsdurchschnitt eines Sprosses, welcher nahe seinem Vorderrande eine Gruppe von Antheridien (mit noch unverletzter Decke) trägt; weiter rückwärts eine Brutknospe umschliesst, welche durch das Gewebe des Muttersprosses hindurch eine Haarwurzel getrieben hat. Vgr. 40.
29ᵇ. Diese Brutknospe isolirt. Vgr. 200.
30. Theil eines Längsschnitts senkrecht auf die Fläche eines ausgebildeten Sprosses, mit Aetzkali behandelt (S. 3). Vgr. 300.

31. 32. Zellen aus dem Inneren älterer Sprossen im Längsschnitt. Vgr. 300.
33. Junges Archegonium mit einem Theile des angrenzenden Gewebes im Längsschnitt. Vgr. 500.
34. Theil eines längsdurchschnittenen Sprosses, welcher ein eben befruchtetes Archegonium trägt und unterhalb desselben eine Brutknospe umschliesst. Vgr. 300.
35. Mündung eines Archegonium, von oben gesehen. Vgr. 300.
36. Befruchtetes Archegonium im Längsschnitt; die Fruchtanlage zweizellig. Vgr. 300.
37ᵃ. Junge, dreizellige Fruchtanlage, frei präparirt. Vgr. 300.
37ᵇ. Dieselbe, um 90° gedreht.
38. Befruchtetes Archegonium mit fünfzelliger Fruchtanlage im Längsschnitt. Vgr. 300.
39. Fünfzellige Fruchtanlage frei präparirt. Vgr. 500.
40. Weiter entwickelte Fruchtanlage, frei gelegt. Vgr. 300.
41. Oberer Theil einer noch weiter entwickelten Fruchtanlage im Längsdurchschnitt (die Ansicht dieser, der vorhergehenden und folgenden Abbildung ist erlangt durch Einstellung des Mikroskops auf die Längsachse der unverletzten Fruchtanlage). Vgr. 300.
42ᵃ. Ein ähnliches Präparat. Vgr. 300.
42ᵇ. Dasselbe, um 90° gedreht.

Tafel II.

Anthoceros laevis.

1. Noch junge Fruchtanlage nebst dem umgebenden Gewebe im Längsschnitt. Vgr. 300.
2. Längsschnitt durch eine etwas weiter entwickelte Fruchtanlage. Ueber dem Scheitel der Fruchtanlage hat sich eine hohe mit Schleim gefüllte Wölbung gebildet; einzelne Zellen der Wand derselben sind zu mehrzelligen Haaren ausgewachsen (S. 6). Vgr. 300.
3. Querschnitt durch eine sehr junge Fruchtanlage. Vgr. 200.
4. Längsschnitt durch eine halbentwickelte Frucht; neben dem oberen Ende derselben (4ᵇ) liegt abgestossen der Theil des Stengelgewebes, welcher die Wölbung deckte, die den Scheitel der Fruchtanlage überragte (die Calyptra); man blickt von oben in sie hinein. Vgr. 150.
4ᶜ. Einige Zellen des untern Theils derselben Calyptra. Vgr. 300.
5. 6. 7. Längsschnitte durch die oberen Enden von Fruchtanlagen, deren Scheitelzellen noch in Vermehrung begriffen sind. Vgr. 400.
8. Längsschnitt durch den unteren, in lebhafter Vermehrung seiner Zellen begriffenen Theil einer halbentwickelten Frucht. Vgr. 300.
9. Ein ähnliches Präparat, dem Scheitel der Frucht etwas nähere Stelle. Die Mutterzellen der Sporen beginnen aus dem Zusammenhange zu treten und von denen der Schleudern sich zu differenziren. Vgr. 400.
10. Oberes Ende einer jungen Frucht, mit der vom übrigen Gewebe des Stengels eben sich trennenden Calyptra. Vgr. 150.
11. Junge Frucht, vom Stengelgewebe noch umschlossen, im Längsschnitt. Vgr. 50.
11ᵇ. Der obere Theil desselben Präparats, stärker vergrössert (200 mal).
12. Querschnitt durch eine halbentwickelte Frucht. Vgr. 200.

Tafel III.

1—22. *Anthoceros punctatus.*

1. Sehr junger Spross von oben. Vgr. 300.
2. Halbentwickelter Spross von oben. Vgr. 50.

2ᵇ. Vorderer Theil desselben. Vgr. 300.
3. Vorderrand eines sehr jungen Sprosses im Längsschnitt. Vgr. 300.
4. Junge Adventivsprossen von oben. Vgr. 300.
5. 6. Seitenansichten ganzer Zweige. Vgr. 20.
7. Sporenmutterzelle, kurz nach der Vereinzelung von den Nachbarzellen. Vgr. 500.
8. Sporenmutterzelle, etwas weiter ausgebildet. Vgr. 500.
9. 10. Weiter entwickelte Sporenmutterzellen. Zu beiden Seiten des primären Kerns haben sich Anhäufungen von Protoplasma gebildet. Vgr. 500.
10ᵇ. Ausgebildetere Mutterzelle. Zu jeder Seite des primären Kerns hat ein ellipsoïdischer secundärer sich gebildet. Vgr. 500.
11. Eine Mutterzelle, deren 2 secundäre Kerne in der Wiederauflösung begriffen scheinen. Vgr. 500.
12. 13. Aehnliche Mutterzellen unter gleicher Vergrösserung. Die secundären Kerne sind hier weit kleiner, kugelig und jeder von einem Hofe körnigen Schleimes umgeben.
14. Mutterzelle mit vier kugeligen tertiären Kernen. Vgr. 500.
15. Weiter ausgebildete Mutterzelle. Die vier tertiären Kerne haben sich nach den Ecken eines Tetraëders gruppirt. Vgr. 500.
16. Mutterzelle, deren Innenwand sich stark zu verdicken begann; in den Verdickungsschichten bildet sich eine grosse Zahl kreisrunder Tüpfel. Die Durchschnittsansicht scheint Andeutungen dreier sehr schwach vorspringender Leisten der Innenwand zwischen je zwei Kernen zu zeigen. Vgr. 500.
17. Mutterzelle, welche nach endlichem Verschwinden des primären centralen Kerns durch sechs sehr zarte Scheidewände in vier Specialmutterzellen sich theilte. Die dünnen Scheidewände erscheinen vorspringenden Leisten der Innenwand aufgesetzt. Vgr. 500.
18. Zwei Rudimente von Antheridien (S. 4). Vgr. 300.
18ᵇ. Das grössere beider von oben gesehen.
19. Weiter entwickelte Antheridie, Ansicht des Längsdurchschnitts. Vgr. 300.
19ᵇ. Der Scheitel derselben von oben gesehen.
20. Antheridie weiter vorgerückter Ausbildung im Längsschnitt (die Anschauung, wie die der f. 19 ist erlangt durch Einstellung des Mikroskops auf die Längsachse des unverletzten Organs). Vgr. 300.
21. Nahezu reife Antheridie, im Längsschnitt. Vgr. 300.
22. Mutterzellchen von Samenfäden, deren jede ein Spermatozoïd umschliesst, aus einer reifen Antheridie freiwillig ausgetreten. Vgr. 600.

23—28. *Anthoceros laevis.*

23. Ein älterer Spross, der aus dem Rande zahlreiche Adventivsprossen zu entwickeln beginnt, von oben. Vgr. 50.
24. Vorrderrand eines jungen Sprosses im Längsschnitte, der ein fehlgeschlagenes Archegonium getroffen hat. Vgr. 300.
25. Längsschnitt durch den Vorderrand eines jungen Sprosses. Eine Gruppe im ersten Beginn der Entwickelung stehender Antheridien ist blosgelegt. Vgr. 300.
26. Mutterzelle, entsprechend der f. 9 dargestellten Entwickelung der Sporenmutterzelle von A. laevis. Vgr. 500; ebenso die der Figuren 27—36.
27. Aehnlicher Entwickelungszustand einer Mutterzelle, deren Protoplasma sehr wenige Körnchen enthält.
28. Beginn der Bildung zweier tertiärer Kerne an der Stelle je eines secundären.
29. Abnormer Zustand: um jeden der secundären Kerne hat sich eine Zelle gebildet (S. 8).
29ᵇ. Dasselbe Präparat, mit Aetzkali behandelt.

30. Mutterzelle mit dem primären und den zwei secundären Kernen.
31. Die secundären Kerne sind in der Wiederauflösung begriffen.
32. Mutterzelle mit vier decussirt stehenden tertiären Kernen.
33. Mutterzelle mit in einer Ebene liegenden tertiären Kernen.
34. Die Verdickung der Wand der Mutterzelle hat begonnen; der primäre centrale Kern, wiewohl sehr verblasst, ist noch vorhanden.
35. Er ist verschwunden (der Zellenkern, welchen man im Mittelpunkte der Zeichnung erblickt, ist der tiefer liegende vierte tertiäre).
36. Die Specialmutterzellen haben sich eben gebildet.
37. Ein Stück der Hälfte einer halbreifen Frucht im Längsschnitt. Vgr. 250.
38. Vorderrand eines in lebhaftem Längenwachsthum begriffen jungen Sprosses im Längsschnitt. In der Scheitelzelle zwei freie Zellenkerne. Vgr. 500.

Tafel IV.

1 – 8. *Metzgeria furcata.*

1. Rudimente von Adventivsprossen von oben. Vgr. 300 (wie auch der vier folgenden Abbildungen).
2. Linearer Spross von oben.
3. 4. 5. Fortwachsende Enden von Hauptsprossen, von der Fläche gesehen.
6. Im Beginn der Gabelung begriffenes Sprossende.
7. Junges Archegonium; 8 dem Aufbrechen des Scheitels nahes Archegonium im Längsdurchschnitt (das Mikroskop auf die Längsachse des Organs eingestellt).

9—30. *Pellia epiphylla.*

9. Reife Spore, einer eben stäubenden Kapsel entnommen (29. März). Vgr. 300.
10. Umrisse der Zellen einer fünfzelligen Spore aus derselben Kapsel. Vgr. 300.
11. Keimende, am 29. März ausgesäete Spore am 1. April. Sie ist schon in Entwickelung der ersten Haarwurzel begriffen. Vgr. 300.
12. Keimende, noch wurzellose Spore derselben Aussaat, am 4. April. Vgr. 100.
13. 14. Sporen der nämlichen Aussaat am gleichen Tage. Vgr. 100. 13^b. ist 13^a um 45°, 13^c um 90°, 13^d um 270° gedreht.
15. 16. Keimende Sporen derselben Aussaat, am 3. April. Vgr. 300.
17. 18. Dergleichen, am 8. April.
19. Dergleichen, am 10. April. Von der Seite gesehen. Ein Rest des Exosporium hat sich am Scheitel des Keimpflänzchens noch erhalten. Vgr. 300.
20. Dergleichen, am nämlichen Tage; von der Fläche gesehen. Vgr. 150.
21. Vorderende eines Keimpflänzchens der gleichen Aussaat, von der Fläche gesehen (am 5. Mai). Vgr. 300.
22. Längsschnitt senkrecht auf die Fläche eines anderen solchen Keimpflänzchens. Vgr. 300.
23. Vorderrand eines Keimpflänzchens, von der Fläche gesehen, am 11. Mai. Vgr. 300.
24. Keimpflänzchen, 30mal vergrössert, am 18. Mai.
25—29. Halbentfaltete Frühjahrssprossen fruchtbarer Exemplare. Vgr. 10.
30. Querschnitt durch einen alten Spross eines sterilen Exemplars, welcher vier Anlagen zu Adventivsprossen trägt. Auf den Aussenflächen der Epidermiszellen des Muttersprosses stehen Pilzfäden. Vgr. 200.

Tafel V.

Pellia epiphylla.

1. Halbentwickelter Trieb von oben. Vgr. 200.
2. 3. 5. 6. Junge Triebe fruchtbarer Pflanzen im Längsschnitt senkrecht auf die Fläche. Vgr. 400.
4. Ein eben solcher Schnitt. Vgr. 200.
7. 8—9. Junge Triebe steriler Pflanzen im Längsschnitt (S. 14). Vgr. 300.
10. Anlage zu einer Antheridie, im Längsschnitt. Vgr. 400.
11. Der Reife nahe (ungewöhnlich schlanke) Antheridie. Der Inhalt der Zellen ist nicht mit gezeichnet. Vgr. 200.
12. Mutterzellchen von Samenfäden aus einer halbreifen Antheridie. Vgr. 600.
13. 14. Dergleichen aus einer reifen Antheridie; sie umschliessen einen spiralig gerollten Samenfaden. Vgr. 600.
15—22. Freie Samenfäden, 600fach vergrössert. 15 hat sich eben erst seines Mutterzellchens entledigt. 16, 17ᵃ, 19, 20 stellen in Bewegung begriffene, 17ᵇ, 18, 21 durch wässerige Iodtinctur getödtete Samenfäden dar. 21ᵇ ist das untere Ende von 21, um 90° gedreht.
23. Senkrechter Längsdurchschnitt eines Sprosses, welcher Rudimente von Archegonien trägt. Vgr. 50.
24. Ein solcher mit weiter entwickelten Archegonien. Vgr. 50.
25. Längsdurchschnitt der Anlage eines Archegonium. Vgr. 500.
25ᵇ. Dasselbe von oben. Gleiche Vgr.
26. Oberes Ende eines noch im Längenwachsthum begriffenen Archegonium im Längsschnitt (erlangt, gleich der vorhergehenden und den folgenden Figuren, durch Einstellung des Mikroskops auf die Längsachse des unverletzten Organs). Vgr. 300.
27. Archegonium, in dessen Halstheile der axile Zellstrang in Auflösung begriffen; im Längsschnitt. Vgr. 300.
28. Zur Befruchtung bereites Archegonium, daneben ein sehr junges.
29. Zur Befruchtung bereites Archegonium; beide im Längsschnitt. Vgr. 300.
30. Blüthenstand, aus drei befruchteten und zwei unbefruchteten Archegonien bestehend; perspectivische Ansicht. Vgr. 50.
31. Die dreizellige Fruchtanlage aus einem dieser befruchteten Archegonien frei präparirt. Vgr. 500.
32. Etwas weiter entwickelte Fruchtanlage im Längsschnitt. Vgr. 300.
33. Noch weiter entwickelte Fruchtanlage im Längsschnitt. Vgr. 400.
34. Längsdurchschnitt durch einen befruchteten Blüthenstand; das Messer hat zwei Calyptren mit Fruchtanlagen geöffnet; die eine vor längerer, die andere vor weit kürzerer Zeit entstanden (Ende August).* Vgr. 120.
35. Fruchtanlage, in welcher die Differenzirung von Kapselwand und Inhalt begann (am 20. August). Vgr. 200.
35ᵇ. Junge Sporenmutterzelle (freier Primordialschlauch), aus eben diesem Präparate bei dessen Liegen in Wasser ausgetreten. Vgr. 300.
36. Halbreife Frucht im Längsschnitt. Vgr. 50.
37. Sporenmutterzelle mit 4 Ausbauchungen der Wand (S. 20) am 18. September, wie auch die vorige und die beiden folgenden Figuren. Vgr. 200.
38. 39. Dergleichen, um 90° gedreht. Vgr. 500.

---

* Werden im nämlichen Blüthenstande mehrere Archegonien befruchtet, so verzögert dies sehr beträchtlich die Entwickelung auch der zuerst entstandenen Fruchtanlage.

Tafel VI.

1—12. *Pellia epiphylla.*

1. Mutterzelle mit vier, den Specialmutterzellen entsprechenden Ausbauchungen, Anfang December. Vgr. 400.
2. Complex von vier eben entstandenen Sporen (eine ist dem Beschauer abgewendet), welche durch die Reste der Mutterzelle noch zusammengehalten werden; Mitte December. Vgr. 400.
3. Junge, noch in den Resten der Mutterzelle haftende Spore, welche an der Stelle des primären centralen Kerns (der in den Sporen der Fig. 2 sich bereits verflüssigt hat) zwei neue bildete. Vgr. 400.
4. Eine ähnliche freie Spore. Vgr. 300.
5. Zwischen beiden Kernen hat sich eine die Spore in zwei Hälften theilende Querwand gebildet. Vgr. 300.
6. Eine der beiden neugebildeten Zellen hat sich aufs Neue durch eine Querwand getheilt. Vgr. 300.
7. Dieselbe Theilung ist in beiden Hälften der noch in den Resten der Mutterzelle haftenden Spore erfolgt. Vgr. 400.

   Die Originale der Fig. 3—7 sind aus der nämlichen Kapsel genommen, wie das der Fig. 2.
8. Eine freie Spore ähnlicher Beschaffenheit wie die Fig. 7 dargestellte. Vgr. 400.
9. Umrisse der Zellen einer fünfzelligen Spore. Vgr. 400. Beide am 20. December.

10. 11. Reste von Mutterzellen, aus denen die Sporen sich lösten. Vgr. 400.

12. Junge Spore, deren eine Hälfte abnorm durch eine schräge Wand sich theilte. Vgr. 300.

13—20. *Aneura pinguis.*

13. 14. Vorderenden fortwachsender flacherer Sprossen von oben gesehen (durch zwei Schnitte parallel den Flächen des Sprosses war die Verdickung des Stengels rückwärts vom Vegetationspunkte weggeschafft worden). Vgr. 400.

15. 16. Längsschnitte senkrecht auf die Fläche dickerer Sprossen. F. 16 trägt das Rudiment einer Antheridie. Vgr. 300.

17. Junge Antheridie von aussen. Vgr. 300.
18. Flacher Spross im Längsschnitt. Vgr. 300.
19. Rudiment eines Archegonium, von oben gesehen (das Mikroskop etwas tiefer eingestellt als der Scheitel des Organs). Vgr. 300.
20. Ziemlich ausgewachsenes Archegonium im Längsschnitt.

21—30. *Aneura multifida.*

21. Vorderende eines im Wachsthum begriffenen Sprosses von oben. Vgr. 400.
22. Ein solches im Längsschnitt (der die Zelle ersten Grades selbst nicht getroffen). Vgr. 300.
23. Blüthenstand mit einer vor nicht langer Zeit entstandenen, von bereits sehr vergrösserter Calyptra umschlossener Fruchtanlage im Längsschnitt. Vgr. 50.
24. Sehr junge Fruchtanlage, frei präparirt. Vgr. 300.
25. Weiter vorgerückte Fruchtanlage, im Längsschnitt. Vgr. 150.
26. Oberer Theil der Fruchtanlage beim Beginn der Kapselbildung im Längsschnitt. Vgr. 400.
27. Von der massigen Calyptra umschlossene Fruchtanlage, wenig weiter ausgebildet, im Längsschnitt. Links neben der Calyptra zwei abortirte Archegonien. Vgr. 50.
28. Ein ähnliches Präparat, die Reste eines fehlgeschlagenen Archegonium stehen auf der Aussenseite der Calyptra.
29*. Längsschnitt senkrecht auf die Fläche durch den Brutknospen tragenden Theil eines Sprosses. In

einer der Oberhautzellen ist eine Brutknospe in Bildung begriffen. Eine fertige, zweizellige Brutknospe liegt lose in einer zerrissenen anderen Oberhautzelle. Vgr. 300.

29[b]. Zwei Brutknospen, die eine von der Seite, die andere (im Begriff eine Haarwurzel zu treiben) von vorn. Die mittelgrossen Kreise mit starken Umrissen im Innern der Zellen stellen, wie bei f. 29[a], Harzkörnchen; die grösseren mit zarten Contouren Zellenkerne vor. Vgr. 300.

30. Ein schmächtiger Ast, von oben. Vgr. 10.

31—36. *Blasia pusilla.*

31. Steriler, Brutknospenbehälter tragender Spross von unten. Vgr. 25.

32. Längsschnitt senkrecht auf die Fläche durch das fortwachsende Vorderende eines Sprosses. Vgr. 300.

33. Ein solches von unten gesehen. Vgr. 400.

34. Schnitt senkrecht auf die Fläche durch das Vorderende eines Sprosses, auf welchem eben ein Brutknospenbehälter sich bildet. Vgr. 300.

35. Theil eines Längsschnitts durch einen wenig weiter entwickelten Knospenbehälter, auf dessen Innenwand Rudimente von Brutknospen auf verschiedenen Stufen der Ausbildung stehen (S. 26). Vgr. 300.

35[b]. Ein Theil der obersten Brutknospe der vorigen Figur, 600fach vergr. Die punctirten Linien deuten die Wege an, welchen die beiden festen Körnchen des Zelleninhalts bei der Molecularbewegung zurück legten, in welcher sie begriffen sind. Vgr. 800.

36. Ein weiter entwickelter Brutknospenbehälter im Längsdurchschnitt Vgr. 100.

36[b]. Eine Brutknospe aus demselben; Seitenansicht. Vgr. 300.

37—48. *Fossombronia pusilla.*

37—40. Verschiedene Entwickelungsstufen des Blattes (S. 31). Vgr. 300.

41. Reife Antheridie, deren Scheitel durch Auseinanderweichen der Zellen aufbrach, durch einen Längsschnitt geöffnet. Vgr. 150.

42[a]. Junges Mutterzellchen eines Samenfadens; 42[bc] ein solches, ein ausgebildetes Spermatozoïd umschliessend, von oben und von der Seite gesehen. 42[d]. Ein Samenfaden befreit sich aus dem zerreissenden Mutterzellchen. Vgr. 600.

43. Rudiment eines Archegonium, Seitenansicht. Vgr. 300.

44. Weiter ausgebildetes Archegonium, Ansicht von oben bei Einstellung des Mikroskops zwei Zellen unter den Scheitel des Organs. Vgr. 300.

45[a]. Archegonium, dessen Längenwachsthum nahezu vollendet ist, Längsdurchschnittsansicht. 45[b]. Dasselbe, um 90° gedreht. Vgr. 300.

46. Sporenmutterzelle, welche sich zur Theilung in vier Specialmutterzellen anschickt. Vgr. 300.

47. Eine Mutterzelle aus demselben Sporangium. Durch längere Einwirkung des Wassers, in welchem das Präparat lag, ist der Zelleninhalt zum Gerinnen gebracht worden.

48. Junge Elatere aus demselben Sporangium. Der zur Schleuder sich umwandelnde Primordialschlauch der Zelle des Kapselinneren ist zum Theil umgeben von den Resten der aufgequollenen, durch Anlagerung gallertartiger Schichten verdickten primären Haut. Vgr. 300.

49. Madotheca platyphylla. Antheridie im Längsschnitt. Vgr. 200.

49[b]. Reife Mutterzellchen von Samenfäden aus einer solchen.

50. Sehr junges Blatt der Alicularia scalaris. Vgr. 150.

51. Ptilidium ciliare; Seitenansicht einer Endknospe, welche nahe unterhalb des Punctum Vegetationis einen Seitenzweig entsendet. Man sieht nur eine der Längshälften der zweitheiligen, im Einschnitt des Vorderrands scharf zusammen gefalteten Blätter. Nur bei dem untersten Blatte der rechten

Seite blickt die Spitze der zweiten Längshälfte links über das obere Ende der vollständig sichtbaren hervor. Vgr. 500.

52. Hälfte eines jungen Blattes derselben Pflanze. Vgr. 100.
53. Junges Blatt desselben Lebermooses, vom Stengel gelöst und ausgebreitet. Vgr. 100.
54. Trichocolea tomentella, Endknospe im Längsschnitt. Vgr. 300.
55. Metzgeria furcata. Querschnitt senkrecht auf die Fläche eines entwickelten Sprosses. Vgr. 200.

Tafel VII.

Frullania dilatata.

1. Reife Spore, beim Verstäuben. Vgr. 300 (wie auch der folgenden 16 Figuren).
2. Spore im Beginn der Keimung; sie ist zweizellig.
3—14. Umrisse der Zellen keimender Sporen; bei f. 3—6, 11 ist die äussere Sporenhaut mit angedeutet; 14^b stellt die f. 14 gezeichnete Keimpflanze um 90° gedreht dar.
15—17. Weiter entwickelte Keimpflanzen von aussen.
18. Sehr junge, 19 wenig weiter entwickelte; 20 halbreife, 21 reife, aufgebrochene Antheridie; neben ihr ausgetretene Mutterzellchen von Samenfäden, aus deren einigen die Spermatozoïden schon sich befreit haben. Vgr. 400.
22. Zwei junge Archegonien, vom Rudiment des Perianthium umschlossen. Vgr. 400 (wie auch die folgenden Figuren).
23. Ein ähnliches Objekt in weiter vorgeschrittener Entwickelung.
24. Eben befruchtetes Archegonium, Fruchtanlage zweizellig.
25. Durch einen Längsschnitt geöffneter Blüthenstand, der neben zwei halbentwickelten Archegonien ein befruchtetes umschliesst.
26. Unterer Theil eines durch einen Längsschnitt geöffneten befruchteten Archegonium, mit fünfzelliger Fruchtanlage.
27. Weiter entwickelte Fruchtanlage mit dem zur Calyptra werdenden Archegonium, im Längsschnitt.
28—32. Junge Fruchtanlagen; 28 mit den angrenzenden Zellen des längsdurchschnittenen Archegonium, die übrigen frei präparirt. 32^a und 32^b sind dasselbe Präparat: a) das Bild erhalten durch Einstellung des Mikroskops auf die Längsachse, b) durch Einstellung auf die Aussenfläche.
33. Von der Calyptra umschlossene junge Frucht im Längsschnitt, daneben zwei abortirte Archegonien. Vgr. 300.
34. Etwas weiter entwickelte Frucht, zur Zeit der Differenzirung von Kapselwand und Inhalt, im Längsschnitt. Vgr. 300.
35. Halbreife Frucht im Längsschnitt. Dieselbe Vergrösserung.
36. Sporenmutterzelle mit vier Ausbauchungen der Membran, aus einer Kapsel ähnlicher Entwickelung. Vgr. 300.

Tafel VIII.

1—9. *Frullania dilatata.*

1. Blattknospe von oben. Vgr. 300.
2—4. Verschiedene Entwickelungsstufen von Oberblättern. Vgr. 300.
5. Blattknospe von der Seite. Vgr. 300.
6. Beide Lappen eines jungen Oberblatts ausgebreitet. Vgr. 300.
7. 8. Obere Lappen älterer Oberblätter. Vgr. 300.
9. Junges Unterblatt. Vgr. 300.

10—32. *Radula complanata.*

10. Reife Spore. Vgr. 200.

11—19. Verschiedene Stufen der Entwickelung des plattenförmigen Vorkeims. 16, 17ᵃ und 18ᵇ sind Seitenansichten. Vgr. 200.

20—22. Die erste beblätterte Achse erhebt sich aus dem Vorkeim. Vgr. 300.

23. Die Endknospe einer solchen einzeln. Vgr. 300.

24. Oberlappen eines jungen Blattes. Vgr. 200.

25. Beide Lappen eines etwas weiter entwickelten Blattes ausgebreitet. Vgr. 200.

26. Seitenansicht eines Blüthenstandes; Antheridien und Archegonien sind im Durchschnitt dargestellt; der Zelleninhalt ist nicht mitgezeichnet.

27. Junge Fruchtanlage im Längsschnitt. Vgr. 500.

28. Weiter ausgebildete Fruchtanlage sammt dem unteren Theile der sie umschliessenden Calyptra im Längsschnitt. Vgr. 200.

29. Fruchtanlage (eine etwas zwergige) im Längsschnitt beim Beginn der Sonderung von Kapselwand und Inhalt. Vgr. 300.

30. Unteres Ende des Stiels einer halbreifen Frucht. Vgr. 200.

31. Sehr junge } Antheridie im Längsschnitt. Vgr. 500.
32. Halbreife }

33—36. *Lophocolea bidentata.*

33. Endknospe im Längsschnitt. Vgr. 600.

34. Sehr junges, 35 etwas älteres Blatt von oben. Vgr. 600.

36. Weiter entwickeltes Blatt, dessen beide Hälften sich ungleich entfalteten. Vgr. 300.

37—43. *Lophocolea heterophylla.*

37a—h. Keimung der Spore (a b reife Spore beim Verstäuben). Vgr. 200.
i. Zweizelliger Vorkeim, 600fach vergrössert.

38. Entstehung der ersten beblätterten Achse auf dem Vorkeim. Vgr. 250.

39. Weiter vorgerücktes Keimpflänzchen. Vgr. 300.

40. Unterer Theil eines Keimpflänzchens, welches schon einige vollständige Blätter bildete. Vgr. 200.

40ᵇ. Ein Theil des Stengels einer jungen Pflanze; Seitenansicht der Aussenfläche. Die inneren Berührungskanten der Zellen sind mit punktirten Linien eingetragen. Vgr. 300.

41. Junges Blatt. Vgr. 200.

42. Oberes Ende eines jungen Archegonium im Längsschnitt. Vgr. 300.

43. Fruchtanlage, deren Scheitelzellen in Richtung der Länge sich nicht weiter vermehren werden. Vgr. 300.

44. Jungermannia intermedia. Junge Fruchtanlage im Längsschnitt. Vgr. 300.

45. Halbreife Antheridie derselben Pflanze im Längsschnitt. Vgr. 300.

46—52. *Jungermannia bicuspidata.*

46. 47. Junge Blätter, welche noch nicht die Anlage der beiden Spitzen bildeten. Vgr. 500.

48. Etwas weiter entwickeltes Blatt. Vgr. 500.

49. Vor Kurzem befruchtetes Archegonium; daneben ein unbefruchtetes. Das erstere umschliesst eine zweizellige Fruchtanlage. In dem Innenraume des bereits zusammenneigenden Perianthium, welches diese Archegonien umhüllte, fanden sich mehrere in Bewegung begriffene Samenfäden; zwei davon sind mitgezeichnet und die Richtung ihrer Bewegung durch Pfeile angedeutet. Vgr. 400.

50. Sehr junge, 51 etwas ältere Fruchtanlage, beide frei präparirt. Vgr. von 50 400, von 51 300.

52. Querschnitt eines ausgewachsenen Stengels. Vgr. 200.
53. Alicularia scalaris. Junge Fruchtanlage. Ansicht eines Längsdurchschnitts. Vgr. 300.
54. Der reife nahe Frucht derselben Pflanze sammt der Calyptra und dem unteren Theile des Perianthium. Vgr. 30.
55. Junges Keimpflänzchen desselben Mooses. Vgr. 300.

56—64 *Jungermannia divaricata.*

56. Rudiment eines Archegonium im Längsschnitt. Vgr. 600.
57. Längsdurchschnitt eines armblüthigen Perianthium. Man sieht zwei junge Archegonien. Vgr. 600.
58. Mutterzellchen von Samenfäden welche ausgebildete Spermatozoïden umschliessen. a. von oben, b. c. von der Seite. Vgr. 600.
59. Zur Befruchtung bereites (oder schon befruchtetes?) Archegonium; längsdurchschnitten so dass die Centralzelle vom Messer gestreift wurde. Vgr. 600.
60. Die Centralzelle eines ähnlichen Archegonium frei präparirt. Sie ist von der Präparirnadel verletzt worden; durch den Riss trat der Kern der Zelle aus, welcher nun neben ihr liegt. Vgr. 500.
61. Befruchtetes Archegonium, welches eine zweizellige Fruchtanlage umschliesst im Längsschnitt, welcher die Fruchtanlage streifte. Auf dem Scheitel des Archegonium finden sich zwischen kugeligen Klümpchen glasartig durchsichtigen Schleims fädliche Körperchen, welche Samenfäden zu sein scheinen. Vgr. 600.
62. Junge, 63 etwas ältere Fruchtanlage; die erstere von aussen, die zweite im Längsschnitt. Vgr. beider 400.
64. Halbreife Frucht im Längsschnitt. Vgr. 250.

Tafel IX.

1—20. *Jungermannia bicuspidata.*

1. Sehr junges Perianthium, durch einen Längsschnitt geöffnet, mit drei am Scheitel noch geschlossenen Archegonien. Vgr. 300.
2. Etwas weiter entwickeltes Perianthium, ebenfalls durch einen Längsschnitt geöffnet. Im Mittelpunkte steht ein eben befruchtetes Archegonium; neben diesem zwei unbefruchtete mit aufgebrochenem Scheitel; zu äusserst zwei noch unentwickelte. Vgr. 250.
3. Ein zur Befruchtung bereites Archegonium, Ansicht des Längsdurchschnitts. Vgr. 300.
4. Junge Fruchtanlage; 4[b]. Dieselbe um 90° gedreht. Vgr. 300.
5. Längsdurchschnitt des unteren Theiles eines Perianthium, welches zwei Fruchtanlagen umschliesst. Vgr. 250.
6. Halbreife Frucht nebst der Calyptra, zwei fehlgeschlagenen Archegonien und dem unteren Theile des Perianthium im Längsschnitt. Vgr. 200.
7. Reife Spore. Vgr. 300.

8—14. Verschiedene Stadien der Keimung, 8. 9 eine Woche, 10. 11 drei Wochen, 12 vier Wochen nach der Aussaat; die f. 13 und 14 dargestellten Keimpflanzen sind jährig. Vgr. von 8—12 300, von 13 200, von 14 150; 13[b] ist das obere Ende der f. 13 abgebildeten, um 90° gedreht und 600fach vergr.

15. Vorkeim abnormer Bildung, bei welchem das Rudiment der ersten blättertragenden Achse sich nicht aus einer der Scheitelzellen des Vorkeims erhebt, sondern weiter abwärts entspringt (fünf Monate nach der Aussaat). Vgr. 200.

15[b]. Das Rudiment der beblätterten Achse um 90° gedreht.

16. Durchschnittsansicht eines der blattlosen unterirdischen Sprossen der Gebirgsform; 16^b. Das Ende desselben um 90° gedreht. Vgr. 300.
17. Durchschnittsansicht der Spitze eines ähnlichen Sprosses; dieselbe Vergrösserung.
18. Blattknospe. Vgr. 300.
19. Zipfel eines halb entwickelten Blattes. Vgr. 300.
20. Längsschnitt der halbreifen Frucht der Jungerm. trichophylla. Vgr. 200. Daneben ein Complex von Specialmutterzellen aus derselben. Vgr. 600.

Tafel X.

Riccia glauca.

1. Keimpflanze (von einem schattigen Standorte), der noch die Spore anhängt, von oben. Vgr. 200.
2. 3. Keimpflanzen aus sonniger Lage. Vgr. 20.
4. Entwickeltere Keimpflanze, von demselben Standorte mit der f. 1 dargestellten. Vgr. 20.
5. Junger Spross von oben. Vgr. 300.
6. Rudiment eines neuen Sprosses von oben. Vgr. 300.
7. In der Entwickelung gehemmter Spross von oben. Vgr. 300.
8. 9. Junge Triebe von oben. Vgr. 300.
10. Ausgebildeter Spross von unten. Vgr. 8.
11. Ein in Gabelung begriffener Spross von oben. Vgr. 8.
12. Ein Ast mit Sprossen verschiedener Entwickelung von oben. Vgr. 5.
13. Vielverästelte Pflanze von oben. Vgr. 5.
14. Junger Trieb, welcher die Anlage eines Archegonium trägt, im Längsschnitt. Vgr. 500.
15. Längsdurchschnitt eines ähnlichen Triebes, welcher ein weiter ausgebildetes Archegonium trägt. Dieselbe Vergrösserung.
16. Längsdurchschnitt durch den Spalt des Vorderrandes eines vollkommen ausgebildeten Sprosses. a. Die vom Schnitt gestreifte senkrechte Seitenfläche der tiefen Einkerbung der Vorderrands. b. Die Aushöhlung des unteren Theiles derselben, in welcher der Mitteltrieb c sich entwickelt. Vgr. 30.
16^b. Der Längsdurchschnitt eben dieses Mitteltriebs, welcher die Anlagen zweier Antheridien trägt (das Rudiment der einen ist einzellig; die andere erscheint als wenigzelliger eyförmiger Körper, von einem über dem Scheitel des Organs zusammen neigenden Walle umgeben). Vgr. 500.
17. Längsdurchschnitt des f. 10 abgebildeten Sprosses. Die Verhältnisse der einzelnen Theile sind ähnliche wie bei der vorigen Figur.
17^b. Anlage einer Antheridie (aus eben diesem Längsschnitt); die noch ungetheilte Mutterzelle des Organs ist bereits vom Ringwalle überwachsen.
18. Vorderende eines Sprosses dessen Mitteltrieb verkümmert, von oben gesehen. Die dunkeln Streifen bezeichnen den Verlauf der Luftlücken zwischen den Zellenreihen der Frons.
19. 20. Dreizellige Rudimente von Antheridien, welche noch nicht vom Ringwalle überwachsen sind.
19^b. Stück einer Haarwurzel; die Innenwand ist mit vorspringenden Spitzchen besetzt.
21. Mündung einer durch einen Längsschnitt geöffneten, ungewöhnlich weiten Antheridienscheide.
22. Halbreife Antheridie im Längsschnitt. Vgr. 300.
23. Minder entwickelte Antheridie im Längsschnitt. Vgr. 500.
24^a. Ausmündung der Scheide einer reifen Antheridie. Durchschnittsansicht. 24^b. Aussenansicht. Vgr. 300.
25. Rudiment eines Archegonium; Durchschnittsansicht. Vgr. 500.
26. Durchschnittsansicht eines Archegonium, dessen Längenwachsthum zu Ende geht. Vgr. 300.
27. Zur Befruchtung bereites Archegonium; Durchschnittsansicht. Vgr. 300.
28. Fehlgeschlagenes Archegonium, dessen Bauchtheil durch einen Schnitt geöffnet ist. Vgr. 300.

29. Archegonium welches eine dreizellige Fruchtanlage umschliesst; Durchschnittsansicht. Vgr. 300.

30. 31. 32. Längsdurchschnitte von Archegonien, welche weiter entwickelte Fruchtanlagen umschliessen. Vgr. 300.

33. Längsdurchschnitt einer (von der Calyptra umschlossenen) halbreifen Kapsel. Vgr. 250.

33ª. Brutknospe von der Fläche gesehen; der punktirte Kreis der Mitte bezeichnet den in Auflösung begriffenen Theil des Zellgewebes. Vgr. 50.

33ᵇ. Längsschnitt parallel der Fläche durch den Vorderrand eben dieser Brutknospe. Vgr. 300.

33ᶜ. Längsdurchschnitt senkrecht auf die Fläche einer minder weit entwickelten Brutknospe. Vgr. 300.

Tafel XI.

f. 1—18. *Marchantia polymorpha.*

1. Längsdurchschnitt senkrecht auf die Fläche eines Sprosses, welcher einen sehr jungen Brutknospenbehälter trägt. Vgr. 50.

1ᵇ. Der durch den Schnitt geöffnete Brutknospenbehälter der vorigen Figur. Vgr. 200.

2. Junge Brutknospe. Vgr. 400.

3. Längshälfte einer weiter entwickelten Brutknospe, 4 eine ganze solche Brutknospe, von der Fläche gesehen. Vgr. 300.

5. Hälfte des Vorderrands einer etwas weiter vorgerückten Bulbille. Vgr. 300.

6. Brutknospe deren Obertheil sich zu verbreitern beginnt, von der Fläche gesehen. Vgr. 50.

7. Die Zellen der mit a bezeichneten Einbuchtung des Seitenrandes dieser Brutknospe. Vgr. 300.

8. Reife Brutknospe, die von der sie tragenden Zelle sich freiwillig löste. Vgr. 10.

9. Brutknospe, welche wurzelte und die zu sprossen beginnt. Vgr. 15.

10. Eine solche, weiter entwickelt. Vgr. 15.

11. Längsschnitt durch einen Spross, welcher das Rudiment eines Fruchtkopfes trägt (Anf. April). Vgr. 50.

12. Junger Fruchtkopf von unten (Ende Mai). Vgr. 100.

13. Weiter entwickelter Fruchtkopf im Längsdurchschnitt. Vgr. 100.

14. 16. Eben befruchtete (oder zur Befruchtung bereite?) Archegonien; Längsdurchschnittsansichten. Vgr. 300.

16. Befruchtetes Archegonium, eine vierzellige Fruchtanlage umschliessend, welches nebst seiner besonderen Hülle durch einen die Fruchtanlage streifenden Längsschnitt geöffnet wurde.

17. Rand einer noch im Wachsthume begriffenen Antheridienscheibe (Ende November) im Längsdurchschnitt. Vgr. 300.

18. Querschnitt des Stiels einer entwickelten Antheridienscheibe. Vgr. 100.

19 - 35. *Fegatella conica.*

19. Schnitt parallel der Fläche eines im Herbste angelegten, zur Entfaltung im Frühjahr bestimmten Sprosses. Vgr. 50.

20. Einer der seitlichen Triebe dieses Sprosses. Vgr. 300.

21. Längsdurchschnitt senkrecht auf die Fläche eines ähnlichen Sprosses. Vgr. 300.

22. Schnitt parallel der Fläche eines halbentfalteten Frühjahrssprosses. Anfang März.

23. Sehr junges, 24 weiter ausgebildetes Blatt. Vgr. 400.

25. 26. Umrisse halbentwickelter Blätter. Vgr. 50.

27. Junger Fruchtkopf von unten. Vgr. 100.

28. Fruchtkopf auf der Stufe der Ausbildung, auf welcher die Archegonien zum Empfängniss bereit sind, im Längsschnitt. Der eine der über den Fruchtkopf herüber greifenden ausgehöhlten Seitenlappen des Vorderrandes des nächst älteren Sprosses, mit deren unteren Kanten die Basis der

beiden, durch einen tiefen Einschnitt getrennten Längshälften des Fruchtkopfstiels verwächst, ist vom Schnitte getroffen und mitgezeichnet. Vgr. 50.

29. Ein Fruchtkopf, dessen Archegonien bereits mehrzellige Fruchtanlagen einschliessen, im Längsdurchschnitt. Dieselbe Vergrösserung.

30. Fünfzellige Fruchtanlage, frei präparirt. Vgr. 500.

31. Junge Fruchtanlage nebst der sie umschliessenden Calyptra und den angrenzenden Theilen des Fruchtkopfs im Längsschnitt. Vgr. 200.

32. Etwas weiter entwickelte Fruchtanlage im Längsschnitt. Vgr. 300.

33. Ein Spross, der in einer der beiden Einkerbungen seines Vorderrands einen jungen Fruchtkopf, in der andern einen vegetativen Spross trägt, von oben. Vgr. 5.

34. Rudiment eines Fruchtkopfs (Anf. Februar) im Längsdurchschnitt. Vgr. 300.

35ab. In der Entwickelung begriffene Stomata. Vgr. 300.

36—39. *Lunularia vulgaris.*

36. Ein mehrfach verästelter Zweig einer in sehr feuchter Atmosphäre gewachsenen Pflanze. Vgr. 5.

37. Längsdurchschnitt senkrecht auf die Fläche eines sehr jungen Triebes. Vgr. 300.

38. Längsdurchschnitt eines jungen Sprosses, welcher die Anlage zu einem Brutknospenbehälter trägt. Vgr. 100.

39. Sprossende Brutknospe. Vgr. 5.

Tafel XII.

1—15. *Rebouillia hemisphaerica.*

1. Längsdurchschnitt senkrecht auf die Fläche eines fruchtbaren Sprosses. Rechts ein Fruchtkopf; zwei unbefruchtete Archegonien und viele Spreublättchen sind vom Schnitte getroffen. In den Deckelzellen der Luftlücken des Fruchtkopfs ist die Bildung der Stomata erst im Beginn. Weiter rückwärts ein durchschnittenes Antheridienpolster. Ueberall sind nur die Umrisse der Zellen gezeichnet; auch der Inhalt der vom Schnitt geöffneten Antheridie ist weggelassen. Vgr. 300.

2. Von einem jungen Fruchtkopfe ist durch einen Längsschnitt ein Theil entfernt worden. Man erkennt die Ringwulst, durch welche der rudimentäre Stiel vom Hute absetzt. Vgr. 50.

2b. Archegonium desselben Fruchtkopfs; Ansicht des Längsdurchschnitts. Die Zellen des den Halstheil durchziehenden axilen Stranges sind zum Theil aufgelöst. Vgr. 300.

3. Längsschnitt durch den Rand und durch ein Archegonium eines wenig weiter entwickelten Fruchtkopfes. Eine den Basaltheil des Archegonium durchsetzende punktirte Linie deutet die Ausdehnung der beginnenden Wucherung des Fruchtkopfrandes zwischen den Archegonien an. Vgr. 300.

4. Längsdurchschnitt (welcher keines der Archegonien berührt) eines beträchtlich weiter entwickelten Fruchtkopfs. Vgr. 200.

5. Eben befruchtetes Archegonium, die Mutterzelle der Fruchtanlage ist noch ungetheilt. Vgr. 300.

6. Befruchtetes Archegonium, welches eine weiter entwickelte Fruchtanlage umschliesst, im Längsschnitt (die Schnitte hatten bei den Originalen dieser und der vorhergehenden Figur die Fruchtanlagen gestreift und so blosgelegt). Man sieht nur eine der beiden Zellenreihen aus denen die junge Fruchtanlage besteht; die Lage der Kerne der zweiten ist durch punktirte Kreise angedeutet. Vgr. 500.

7. Längsdurchschnitt einer ziemlich weit entwickelten Fruchtanlage. Vgr. 500.

8. Schnitt rechtwinklig zur Längsachse des Fruchtstiels durch den untersten Theil eines älteren Fruchtkopfs. In der Mitte der durchschnittene Stiel, dessen tiefe Furche nach innen sich erweitert. Um ihn her die vier abwärts entwickelten, scheidenartigen Fortsätze des Fruchtkopfrandes, deren jeder ein befruchtetes Archegonium umschliesst. Vgr. 30.

9. 10. Längsdurchschnitte von Calyptren welche Fruchtanlagen enthalten, nebst den benachbarten Theilen des Fruchtkopfs. Vgr. 70.

11. Schnitt parallel dem Fruchtkopfstiele durch einen der scheidigen Fortsätze des Fruchtkopfrandes; das Präparat ist auf die Schnittfläche gelegt, der Fruchtstiel entfernt, — man blickt durch den, dem Stiele zugekehrten Spalt der Scheide auf die Calyptra, deren Halstheil abgebrochen. Die punktirte Linie deutet die Lage der durch die Calyptra schimmernden jungen Frucht an. Vgr. 30.

12. Einer der scheidigen Fortsätze des Fruchtkopfrandes von unten. Der gekrümmte Halstheil des befruchteten Archegonium schaut aus dem unteren Ende des Spalts hervor. Vgr. 30.

13. Längsdurchschnitt eines Antheridienpolsters mit flaschenförmigen Antheridienscheiden. Der Inhalt der Antheridien ist in der Zeichnung weg gelassen. Vgr. 300.

14. Längsdurchschnitt senkrecht auf die Fläche eines rudimentären Sprosses. Vgr. 300.

14^b. Ansicht von aussen des nämlichen, auf die die Längslinie treffende Schnittfläche gelegten Präparats. Man bemerkt die Anlagen zweier Blätter. Vgr. 300.

15. Wenig weiter entwickeltes Blatt. Vgr. 300.

16—27. *Targionia hypophylla.*

16. Längsdurchschnitt eines sehr jungen Sprosses. Vgr. 500.

18. Längsdurchschnitt eines Sprosses, dessen Vorderende einen Fruchtstand birgt. Vgr. 100.

19^a. Längsschnitt parallel der Fläche des nächst älteren Sprosses durch einen Blüthenstand. Man sieht das zur Befruchtung bereite und ein eben befruchtetes Archegonium. Vgr. 30.

19^b. Einblick in den durch diesen Schnitt abgetrennten unteren Theil der Hülle. Man sieht, dass dieselbe aus zwei, zu dieser Zeit noch durch einen Längsspalt getrennten, den Schalen einer Muschel ähnlichen Stücken besteht. Zwei Rudimente von Archegonien sind sichtbar. Der Schnitt stutzte die äusseren Seitenränder der der Hülle nächsten Blätterpaare. Vgr. 30.

19^c. Das eine eben befruchtete Archegonium dieses Blüthenstandes; Ansicht des Längsdurchschnitts bei 300facher Vergr.

20^a. Wenigzellige Fruchtanlage, frei präparirt. Vgr. 300.

20^b. Dieselbe, um 90° gedreht.

20^c. Eine ähnliche, wenig weiter vorgerückte Fruchtanlage, nebst dem sie umhüllenden, durch einen Längsschnitt geöffneten Archegonium. Vgr. 300.

21. Etwas weiter vorgerückte Fruchtanlage, frei präparirt. Vgr. 500.

22. Fruchtanlage, mehr entwickelt, im Längsschnitt. Vgr. 300.

23. Schnitt parallel der Fläche des Sprosses durch ein befruchtetes Archegonium und zwei fehlgeschlagene. Die Grenzen der Zellen des Scheitels der Fruchtanlage sind angedeutet. Vgr. 100.

24. Ein ähnlicher Schnitt durch einen weiter vorgerückten Fruchtstand. Noch ist der Spalt kenntlich, welcher den Kiel der Hülle durchsetzt. Vgr. 50.

25. Längsschnitt senkrecht auf die Fläche des Sprosses durch einen Fruchtstand ähnlicher Entwickelung. Vgr. 50.

26^a. Sporenmutterzelle; 26^b. Junge Elatere aus einer halbreifen Frucht. Vgr. 300.

27^a. Mutterzelle, in welcher vier secundäre Kerne entstanden, und auf deren Innenwand vorspringende Leisten sich zeigen; — 27^b. Elatere; beide aus einer etwas weiter entwickelten Kapsel. Vgr. 300.

Tafel XIII.

1. Endknospe eines schmächtigen Sprosses des Sphagnum squarrosum im Längsschnitt. Vgr. 250.

2. Endknospe des Sphagnum cymbifolium nach Entfernung aller Blätter bis auf die jüngsten, von aussen gesehen. Vgr. 600.

3. Endknospe derselben Art im Längsschnitt. Vgr. 600.
4. Endknospe des Sphagnum acutifolium im Längsdurchschnitt dargestellt; zwei der älteren, tiefer stehenden Blätter sind mitgezeichnet. Vgr. 250.
5. Längsdurchschnitt des Stengelumfanges von Sphagnum cymbifolium wenig unterhalb der Endknospe. Eine wenig entwickelte Seitenknospe ist durch den Schnitt blosgelegt. Vgr. 600.
6. Querdurchschnitt eines ausgebildeten Seitensprosses des Sphagnum cymbifolium. Vgr. 300.
7. Junges Blatt des Sphagnum acutifolium von der Fläche gesehen. Vgr. 400.
8. Längsschnitt des Stengelumfanges aus der Gegend des Hauptsprosses derselben Art, in welcher seitliche Sprossen dicht gedrängt stehen. Vgr. 200.
8[b]. Eine der prosenchymatischen Zellen mit getüpfelten Wänden des Stengelinneren des vorigen Präparats. Vgr. 600.
9. Stück eines halbentwickelten Blattes derselben Art, in dessen Zellen eben die Dreitheilung beginnt. Vgr. 400.
10. Stück eines etwas weiter entwickelten Blattes. Mehrere der grösseren, chlorophyllosen Zellen haben sich durch Längs- oder Querwände getheilt. In einzelnen treten bereits Spuren von Ring- und Spiralfasern auf. Vgr. 500.
11. Stück eines ungefähr in gleicher Entwickelung stehenden Blattes des Sphagnum cymbifolium. Einzelne der chlorophyllhaltigen Zellen theilten sich durch Querwände. Vgr. 400.
12. Junges, 13 dem Aufbrechen des Scheitels nahes Archegonium des Sphagnum cymbifolium im Längsdurchschnitt. Vgr. 300.
14. Sehr junge, 15 halbreife Antheridie des Sphagnum acutifolium im Längsdurchschnitt. Vgr. 300.
16. Reife Samenfäden des Sph. cymbifolium. Vgr. 800.
17. Junges Blatt von Fissidens taxifolius, von der Fläche gesehen. Vgr. 400.
18—20. Zellen aus einem etwas weiter entwickelten Blatte derselben Art, verschiedene Entwickelungsstufen der Chlorophyllkörperchen darstellend (S. 65). Vgr. 500.

21—28. *Funaria hygrometrica.*

21. Längsdurchschnitt einer, Rudimente von Antheridien tragenden Endknospe. Vgr. 300.
22—24. Durchschnittsansichten von Antheridien verschiedener Entwickelung. Vgr. 500.
25. Frei präparirte Fruchtanlage, Längsdurchschnittsansicht. Vgr. 400.
26 Der Scheitel einer solchen in gleicher Ansicht. Vgr. 400.
27. Oberer Theil einer werdenden Calyptra mit der oberen Hälfte der von ihr umschlossenen Fruchtanlage im Längsdurchschnitt. Vgr. 400.
27[b]. Die Fruchtanlage aus dem vorigen Präparat frei gelegt und um 90° gedreht. Vgr. 400.
28. Aus einem Seitenast einer der Gliederzellen des Vorkeims entstandenes Keimpflänzchen. Vgr. 300.
29. Auf ähnliche Weise einer der langgestreckten Zellen des Vorkeims ausitzende Keimpflanze des Racomitrium ericoïdes. Vgr. 400.
30. Obere Hälfte des Bauchtheils des durch einen Längsschnitt geöffneten eben befruchteten Archegonium des Dicranum heteromallum. Darunter die durch eine Berührung mit der Präparirnadel herausgehobene Mutterzelle der Fruchtanlage. Vgr. 400.
31. Vor kurzem befruchtetes Archegonium des Bryum argenteum im Längsschnitt. Vgr. 200.
32[a]. Die frei präparirte Fruchtanlage aus einem ähnlich entwickelten Archegonium der gleichen Art. Vgr. 400. 32[b]. Dieselbe, um 90° gedreht.
33. Längsdurchschnitt durch die Vaginula, den unteren Theil der Seta und die angrenzenden Sprosstheile derselben Art. Vgr. 30.
34—36. Theile des Vorkeims der Schistostega osmundacea. Vgr. 400.

37. 38. Endknospen des Polytrichum nanum im Längsschnitt. Vgr. 400.
39ᵃ. Junge Antheridie des Polytrichum formosum. Vgr. 100. 39ᵇ. Dieselbe, um 90° gedreht.

Tafel XIV.

1—18. *Phascum cuspidatum.*

1. Anlage eines Archegonium, Längsdurchschnittsansicht. Vgr. 500.
2. Junges Archegonium. Vgr. 500; 3. Archegonium dessen Scheitelzelle aufhört sich zu vermehren, Vgr. 300, in gleicher Ansicht.
4. Archegonium dessen Scheitel vor kurzem aufbrach; Ansicht des Längsdurchschnitts. Die in der Centralzelle des Bauchtheils entstandene, zur Zeit noch kugelige Tochterzelle füllt die Mutterzelle nur zum kleinen Theile aus. Vgr. 300.
5. Durch Zufall erlangter Querdurchschnitt der Stelle eines Archegonium, an welcher Hals- und Bauchtheil in einander übergehen. Vgr. 300.
6. Zur Befruchtung bereites Archegonium. Vgr. 400.
6ᵇ. Die Centralzelle desselben mit ihrer Tochterzelle, der Mutterzelle der Fruchtanlage, in 600facher Vergrösserung.
7. Unterer Theil des Halses und oberer des Bauchtheils eines durch einen Längsschnitt geöffneten Archegonium mit zweizelliger, vom Schnitte nicht verletzter Fruchtanlage. Vgr. 400.
8. Ein ähnliches Präparat; die Fruchtanlage wenig weiter entwickelt. Vgr. 400.
9. Durch einen Längsschnitt geöffnetes Archegonium mit vierzelliger Fruchtanlage. Vgr. 250.
10. Frei präparirte vierzellige Fruchtanlage. Vgr. 500.
10ᵇ. Dieselbe um 90° gedreht.
11. Eine andere, ebenfalls frei präparirte Fruchtanlage. Vgr. 500.
11ᵇ. Perspectivische Ansicht des Verlaufs der Zellwände derselben.
12. Befruchtetes und fehlgeschlagenes Archegonium; Ansicht des Längsdurchschnitts. Vgr. 300.
13. Frei präparirte Fruchtanlage; Ansicht des Längsdurchschnitts. Vgr. 200.
14. Fruchtanlage mit der werdenden Calyptra und Vaginula im Längsdurchschnitt. Vgr. 100.
14ᵇ. Aussenseite des Scheitels derselben Fruchtanlage. Vgr. 600.
15. Längsschnitt durch eine weiter vorgeschrittene Fruchtanlage. Vgr. 250.
16. Scheitel einer wenig vorgerückteren Fruchtanlage; Durchschnittsansicht. — 16ᵇ. Durchschnittsansicht; 16ᶜ. Ansicht von aussen desselben, um 90° gedrehten Präparats. Vgr. 300.
17. Jüngere Fruchtanlage, deren unterer Theil besonders stark entwickelt, von aussen. Vgr. 50.
17ᵇ. Der obere Theil derselben im Längsdurchschnitt. Vgr. 300.
18. Der Länge nach aufgeschnittene Calyptra; man sieht die Aussenseite der spindelförmigen Fruchtanlage. Vgr. 60.
19. Längsdurchschnitt einer halbentwickelten Frucht des Phascum bryoïdes. Vgr. 60.
20. Längsschnitt durch den oberen Theil einer jungen Pflanze des Phascum cuspidatum; rechts ein männlicher, links ein weiblicher Blüthenstand. Vgr. 60.

Tafel XV.

1—14. *Phascum cuspidatum.*

1. Längsdurchschnitt einer jungen Frucht. Vgr. 200.
2. Ein Theil der Mutterzellschicht und des ihr angrenzenden Gewebes einer Frucht ähnlicher Entwickelungsstufe. Die Primordialschläuche der Mutterzellen haben nach viertelstündigen Liegen in Wasser sich zusammengezogen. Vgr. 500.

3. Urmutterzellen, jede mit zwei freien, kugeligen Sporenmutterzellen, welche zum Theil sich zur Sporenbildung anschicken. Schnitt rechtwinklig zur Längsachse der Frucht. Vgr. 400.

4. Zwei Urmutterzellen zweiten Grades, gebildet durch Theilung einer Urmutterzelle ersten Grades mittelst einer der Längsachse der Frucht parallelen Längswand. Jede zeigt nur eine der beiden länglich-ellipsoïdischen Sporenmutterzellen, welche sie umschliesst. Der Schnitt ist ebenso geführt wie bei der Figur 3. Vgr. 400.

5ᵃ ᵇ. Sporenmutterzelle, aus deren berstender Haut der kugelige, straff gespannte Primordialschlauch hervortritt. Vgr. 400. 5ᶜ. Derselbe Primordialschlauch, durch Iodhaltige Iodkalilösung zum Zusammenschrumpfen gebracht.

6. Sporenmutterzelle, deren den Zellraum nur zur Hälfte ausfüllender Primordialschlauch an der Innenwand hingleitet. Vgr. 600.

7. Schnitt, rechtwinklig zur Längsachse einer Frucht (die auf gleicher Entwickelungsstufe stand mit der, ein Theil welcher f. 3 abgebildet ist) durch einen grösseren Theil der Mutterzellenschicht. Vgr. 200.

8. Längsschnitt durch einige Urmutterzellen einer etwas weiter entwickelten Frucht. Vgr. 300.

9. Junge Spore aus demselben Präparat. Vgr. 600.

10. Rudiment einer Antheridie; Längsdurchschnittsansicht. Vgr. 300.

11. Weiter entwickelte Antheridie, gleiche Ansicht, gleiche Vergrösserung.

12. Theil des Inhalts einer der Reife nahen Antheridie. Jedes der polygonen Zellchen des Innern des Organs umschliesst das Mutterzellchen eines Samenfadens. Vgr. 600.

13. Sehr junges, 14 älteres Blatt, von der Fläche gesehen. Vgr. 300.

15—33. *Gymnostomum pyriforme.*

15. Längsdurchschnitt durch das obere Ende einer Fruchtanlage, deren Scheitelzelle aufhörte, in Richtung der Länge sich zu vermehren, und deren Verbreiterung unterhalb der Spitze eben beginnt (der Scheitel des Präparats war durch den Schnitt zerstört; die Angabe der Zellengrenzen ist dort, soweit sie punktirt sind, hypothetisch). Vgr. 400.

16. Längsdurchschnitt einer sehr jungen Frucht, deren Apophyse die Kapsel an Masse weit überwiegt. Vgr. 60.

16ᵇ. Ein Theil der Mutterzellschicht und des angrenzenden Gewebes einer ähnlichen, längsdurchschnittenen Frucht.

17. Ein ähnliches Präparat aus einer etwas weiter ausgebildeten Theca. Der Inhalt der Urmutterzellen der Sporen und der ihnen angrenzenden Zellen der Columella ist mitgezeichnet. Die Primordialschläuche der letzteren haben in Folge des Liegens in Wasser sich contrahirt. Vgr. 400.

18. Aehnliches Präparat aus einer noch weiter vorgeschrittenen Kapsel unter gleicher Vergrösserung. Hier sind auch die Kerne der der Sporenmutterzellenschicht unmittelbar angrenzenden Zellen der sogenannten inneren Kapselwand, wie die Lagerungsverhältnisse des Chlorophylls der äussersten Zellen derselben angedeutet. Das Chlorophyll liegt in diesen Zellen der freien Aussenwand dicht angelagert. Vgr. 400.

19. Aehnliches Präparat aus einer Kapsel, in welcher die Bildung der Sporenmutterzellen innerhalb der Urmutterzellen derselben unmittelbar bevorsteht. Vgr. 400.

20. 21. Sporenmutterzellen mit den sie umschliessenden Urmutterzellen. Vgr. 400.

22—33. Entwickelungsstufen der Sporenmutterzelle bei 600facher Vergr.

22. Junge Sporenmutterzelle mit centralem Kern und gleichmässig körnig-schleimiger Inhaltsflüssigkeit.

23. Der Kern ist nahe zur Wand gerückt, das Protoplasma ist vorzugsweise im Mittelpunkte der Zelle angehäuft.

24. Diese Anhäufung hat sich in zwei Hälften getheilt.
25. In jeder derselben erscheint ein secundärer Kern.
26. 30. An der Stelle der zwei secundären Kerne finden sich vier tertiäre.
27. Ein ähnliches Präparat. Bei längerem Liegen in Wasser hat der Primordialschlauch der Zelle sich contrahirt.
28., 29. Der primäre Kern der Sporenmutterzelle ist verschwunden.
31—33. Die Sporen sind fertig gebildet.

Tafel XVI.

1—4. Sporenmutterzellen der Funaria hygrometrica. 1 mit zwei, 2 mit vier secundären Kernen. 3. Theilung in vier Specialmutterzellen; 4 die vier Sporen, von den Specialmutterzellen umschlossen, sind fertig gebildet. Vgr. 600.

5. Längsdurchschnittsansicht eines (vor Kurzem befruchteten?) spät entwickelten Archegonium des Archidium phascoïdes. Anf. December. Vgr. 400.*

6ᵃ. Längsdurchschnitt einer nahezu reifen Frucht desselben Mooses. Vgr. 100.

6ᵇ. Vier Sporen desselben Mooses, welche durch die erweichten Reste der Specialmutterzellen noch zusammen gehalten werden. Vgr. 300.

7ᵃ. Urmutterzelle von Sporen des Phascum cuspidatum, welche im Begriff ist, zwei Tochterzellen zu bilden. Vgr. 400.

7ᵇ. Urmutterzelle desselben Mooses, von ihren Nachbarzellen losgerissen, welche vier Sporenmutterzellen umschliesst. Vgr. 400.

8. Sporenmutterzelle mit aufgequollener Zellhaut und hart an diese gerücktem kugeligen Primordialschlauch. Vgr. 500.

9ᵃ. Fissidens bryoïdes; zur Befruchtung bereites, 9ᵇ eben befruchtetes Archegonium; Längsdurchschnittsansichten. Vgr. 400.

10—17. *Pteris serrulata.*

10. Zelle der Unterseite des Prothallium (Schnitt senkrecht auf dessen Flächen) welche zur Bildung einer Antheridie sich vorbereitet. Vgr. 400.

11. Halbentwickelte Antheridie; Längsdurchschnittsansicht. Vgr. 300.

12. Dem Aufbrechen des Scheitels nahes Archegonium im Längsdurchschnitt. Vgr. 300.

13. Der Scheitel eines noch im Längenwachsthume begriffenen Archegonium, von oben gesehen. Vgr. 300.

14. Ein tiefer gelegener Theil eines ähnlichen Archegonium in gleicher Ansicht. Vgr. 300.

15. Schnitt parallel den Flächen durch das Polster eines Prothallium, welcher die grosse Basalzelle eines eben befruchteten Archegonium geöffnet hat. Die Mutterzelle des Embryo zeigt zwei, noch durch keine Scheidewand getrennte Zellenkerne. Vgr. 300.

16. Wucherndes und sprossendes Prothallium von unten. Vgr. 20.

17. Schnitt senkrecht auf die Fläche durch den Vorderrand des Polsters (die tiefe Einkerbung der Fläche) eines wuchernden Prothallium. Vgr. 300.

18. Gymnogramme chrysophylla. Schnitt senkrecht auf die Fläche durch den Theil eines wuchernden Prothallium, welcher eines der S. 84 erwähnten Knöllchen trägt. Vgr. 50.

---

* Durch die Güte der Herren Brüder DD. *Schultz* in Bitsch und Deidesheim erhalte ich eben jetzt (Mitte Mai) aufs Neue lebende Exemplare des Archidium mit jungen und zur Befruchtung bereiten Archegonien. Diese zeigen eine aus zwei Zellenlagen bestehende Hüllschicht der Centralzelle des Archegonium, so dass ich geneigt bin, den hier abgebildeten an nur wenigen Exemplaren aufgefundenen Zustand für einen krankhaften zu halten.

18^b^. Die Rindenschicht und einige der mit einem Gemenge von Schleim und Oel erfüllten Zellen des inneren Gewebes eben dieses Knöllchens. Vgr. 300.

19^a^. Rudiment des Embryo derselben Art, von der schmalen Seite gesehen. Vgr. 400. (Ein Schnitt senkrecht auf die Fläche des Prothallium hatte die den Embryo umschliessende erweiterte Basalzelle des Archegonium geöffnet. Als ich das Präparat auf die Schnittfläche legte, fiel der Embryo ohne alle Nachhülfe heraus).

19^b^. Ansicht des Längsdurchschnitts (parallel den breiteren Seiten) desselben Präparats unter gleicher Vergrösserung.

20. Niphobolus rupestris. Längsdurchschnitt durch das fortwachsende Vorderende einer der kriechenden Hauptachsen. Rechts etwas unterhalb der Spitze hat der Schnitt das Rudiment des jüngsten Wedels getroffen. Vgr. 400.

21. Ansicht von oben eines ähnlichen Stammendes derselben Art. Vgr. 300.

22—26. Verschiedene Entwickelungsstufen von Spreublättchen derselben Art; Flächenansichten bei 200facher Vergrösserung.

27. Ansicht von oben der Scheitelzelle des Stammes von Polypodium brevipes.

28. Längsdurchschnitt durch die Anlagen des zweit- und drittnächstjährigen Sprosses von Botrychium Lunaria, Anfang Juni. Vgr. 100.

Tafel XVII.

1—17. *Pteris serrulata.*

1. Vorderrand eines entwickelten Prothallium. Vgr. 200.

2. Mutterzelle eines Archegonium (Blick auf die Unterseite des Polsters eines Prothallium). Vgr. 200.

3. Eine solche nach ihrer ersten Theilung. Vgr. 200.

4. Junges Archegonium im Längsschnitt.* Vgr. 400.

5. Ein ähnliches Präparat. Vgr. 200.

6. Die Umrisse der Zellen und Zellenkerne eines ähnlichen Präparats. Vgr. 400.

7. Längsdurchschnitt eines Theils des Polsters der Unterseite eines Prothallium bei 250f. Vgr. Neben einem ziemlich ausgebildeten Archegonium, in dessen Längsachse durch Resorption der queren Zellenwände ein Kanal sich bildete (der von einer wurmförmigen Masse körnigen Schleimes, dem zusammen geflossenen Inhalte der einzelnen Zellen, ausgefüllt wird) ein an der Spitze bereits aufgebrochenes Archegonium.

8. Junge Antheridie von oben. Die punktirten Kreuzlinien deuten die Grenzen der Zellen an, in welche die Centralzelle sich theilte. Vgr. 250.

9. Seitenansicht einer jungen Antheridie, deren Centralzelle sich noch nicht theilte. Vgr. 250.

10. 11. Querdurchschnittsansichten halbreifer Antheridien (erlangt durch Einstellung des Mikroskops auf den Mittelpunkt des Organs). Vgr. 300.

12. 13. Längsdurchschnitte durch Keimpflänzchen; bei 12 ist der angrenzende Theil des Prothallium (p) mitgezeichnet. a Ende der ersten Achse, r erste Nebenwurzel der jungen Pflanze. Vgr. 100.

12^b^. Das obere Ende des jüngeren Wedels der f. 12 in 400facher Vergrösserung. Der Schnitt hat die Zellen, deren Grenzen angegeben sind, nicht getroffen; erst weiter rückwärts vom Scheitel des jungen Wedels hat er dessen Seitentheile entfernt. Auf der Aussenfläche einer der Spitze nahen Zellen ein zweizelliges Haar. Vgr. 400.

---

* Das Präparat, wie auch die meisten der vorhergehenden und folgenden, ist erlangt, indem ich die zu untersuchenden Prothallien in möglichst dünne Längsschnitte senkrecht auf die Flächen zerlegte, und bei schwächerer Vergrösserung unter diesen die tauglichsten aussuchte.

14. **Längsschnitt senkrecht auf die Fläche durch ein jüngeres Prothallium. Das hintere Ende liegt rechts. Die einzelnen Zellen der Antheridien (a) und der Archegonien (b) sind bis auf die eines abortirten Archegonium nicht mitgezeichnet. Vgr. 150.**
15. **In gleicher Weise geführter Schnitt durch ein Prothallium welches einen Embryo umschliesst. Vgr. 150.**
16. **Aeltere Keimpflanze im Längsdurchschnitt. p. Prothallium, r. Adventivwurzeln, w. Wedel; neben dem Rudimente des jüngsten die stumpf-kegelförmige Endknospe.**

17—24. *Asplenium septentrionale.*

17. **Junges Prothallium, dem noch die Spore anhängt. Vgr. 100.**
18. **Halbentwickeltes Archegonium im Längsdurchschnitt. Vgr. 300.**
19. **Eben befruchtetes Archegonium in gleicher Ansicht. Vgr. 300.**
20. **Embryo und angrenzender Theil des Prothallium, längsdurchschnitten. Vgr. 200.**

21—23. **Durch wässerige Iodtinctur getödtete Spermatozoïden; 22 1200fach, 21 und 23 300fach vergrössert. Das hintere, verdünnte Ende des 22 dargestellten Samenfadens steckt in dessen Mutterzellchen.**

24. **Abnorm gebautes Archegonium im Längsdurchschnitt (S. 84). Vgr. 300.**

25—35. *Gymnogramme calomelanos.*

25—28. **Verschiedene Stufen der Keimung der Spore; Vgr. von 25, 26, 150, von 27, 28, 100.**

29. 30. **Sprossende Prothallien. Vgr. 5.**

31. **Theil des Inhalts einer durch einen Schnitt zufällig geöffneten halbreifen Antheridie. Vgr. 300.**

32. 33. **Durch Zusatz wässeriger Iodlösung zum Stillliegen gebrachte Samenfäden. Vgr. 300.**

34. **Spross eines mehrjährigen, wuchernden Prothallium, welcher abweichend gebaute Antheridien trägt (S. 84). Vgr. 150.**
35. **Ein ähnlicher, von der Mutterpflanze freiwillig gelöster, linearer Spross, welcher eine grössere Zahl normal gebauter Antheridien entwickelt hat. Vgr. 150.**

36—43. *Nephrolepis splendens.*

36. **Längsdurchschnitt eines Ausläufers. Vgr. 50.**
37. **Die Endknospe eines solchen; Längsdurchschnitt. Vgr. 300.**
38. **Endknospe eines ähnlichen Ausläufers im Längsschnitte der rechtwinklig ist zu den bei Darstellung des f. 37 abgebildeten Präparats geführten Schnitten. Vgr. 300.**
39. **Ansicht des Scheitels einer gleichen Endknospe. Vgr. 300.**

40—42. **Verschiedene Entwickelungsstufen von Spreublättern. Vgr. 300.**

43. **Längsdurchschnitt einer jungen Adventivwurzel. Vgr. 300.**

Tafel XVIII.

1 — 6. *Equisetum variegatum.*

1. **Längsdurchschnitt der Spitze eines noch im Wachsthume begriffenen schmächtigen Sprosses. Vgr. 300.**
2. **Ein Theil des siebenten Internodium (von der Spitze abwärts gezählt) aus dem nämlichen Längsschnitte. Vgr. 300.**
3. **Längsdurchschnitt der fortwachsenden Spitze einer jungen Adventivwurzel. Vgr. 300.**
4. **Endknospe eines ähnlichen Sprosses im Längsschnitte. Vgr. 300.**

5. Die Urmutterzellen der Sporen aus einem, durch einen Längsschnitt geöffneten, jungen Sporangium. Vgr. 250.
6. Einige Urmutterzellen aus einem sehr jungen Sporangium; zwei derselben schicken sich zur Theilung an. Vgr. 400.

7—13. *Equisetum arvense.*

7. Längsdurchschnittene Endknospe eines Seitensprosses (Anfang Mai). Vgr. 300.
8. Halbentwickelter Fruchtstand (Ende October) im Längsschnitt. Vgr. 50.
9—12. Entwickelungsstufen von Sporangien; sämmtlich im Längsschnitte. Vgr. 400.
13. Junges Sporangium, Querschnitt. Vgr. 400.

Tafel XIX.

1—24. *Equisetum limosum.*

1. Die Endknospe eines sehr kräftigen, im Herbste angelegten vegetativen Sprosses im Längsdurchschnitt, Anf. April. Vgr. 400.
2. Längsdurchschnitt eines ähnlichen Sprosses, Ende October. Vgr. 30.
2b. Endknospe eines schmächtigeren (1''' Durchmesser dicken) vegetativen Sprosses im Längsdurchschnitt Anf. Mai. Das Häubchen auf dem Scheitel des Organs besteht aus zähem Schleime. Vgr. 300.
3. Scheitel einer Endknospe, von oben gesehen. Vgr. 400.
4. Endknospe (durch dünne Parallelschnitte senkrecht auf die Stengelachse durch das Ende des Sprosses blos gelegt), von oben gesehen. Das jüngste Blatt hat die Form eines das Ende der Achse umfassenden Ringwalls. Vgr. 50.
5. Ein ähnliches Präparat, bei dem noch fünf der quer durchschnittenen älteren Blätter mitgezeichnet sind. Die engen Kreise deuten die Lage der rudimentären Gefässbündel dieser Blätter an. Gleiche Vergrösserung.
6. Querschnitt durch eine schmächtige Seitenachse, dicht unter dem Scheitel der Endknospe. Vgr. 300.
7. Ansicht von oben des durch eben diesen Schnitt abgetrennten Scheitels des Stengelendes. Vgr. 300.
8. 9. Seitenansichten von Endknospen, welche durch der Stengelachse parallele Schnitte blos gelegt wurden. Vgr. 50.
10. Theil eines sehr jungen, durch Querschnitte durchs Stengelende blos gelegten Blattes, Ansicht von oben. Vgr. 300.
11. Seitenansicht zweier Zipfel eines wenig älteren Blattes; der Zipfel rechts schickt sich zur Gabelung an. Vgr. 300.
12. Ein Zipfel eines ähnlich entwickelten Blattes; Seitenansicht. Vgr. 300.
13. Theil eines Querdurchschnitts eines der untersten Knoten eines starken Herbstsprosses. Dicht unter der Oberfläche des Stengels sieht man die Rudimente von Adventivwurzeln (S. 95). Vgr. 50.
14. Das Ende einer solchen, längsdurchschnittenen Anlage einer Wurzel. Vgr. 300.
15. Mutterzelle eines der wirtelständigen Adventivsprossen nebst ihren Nachbarzellen, mittelst eines Längsschnitts durch den Stengel blos gelegt. Vgr. 400.
16. 17. Spätere Entwickelungsstufen solcher Sprossen. Vgr. 300.
18. Längsdurchschnitt eines Theiles eines älteren Internodium eines vegetativen Sprosses nebst einem Stücke des dazu gehörigen Blattes. Der Schnitt hat die Höhle in der Blattbasis geöffnet, in welcher eine Adventivknospe verborgen ist. Vgr. 80.
19. Querschnitt eines Theiles eines Internodium eines alten, zolldicken, horizontal verlaufenden unterirdischen Stammes. Der Schnitt hat eine spät entstandene Adventivknospe blos gelegt, welche zur Bildung eines ähnlichen Rhizoms bestimmt ist. Vgr. 30.

20. Längsdurchschnitt einer ähnlichen Knospe unter gleicher Vergrösserung.
21. Ein aus solch einer Knospe entstandener unterirdischer Spross, nebst einem Theile des alten Stammes. Natürliche Grösse.
22. Anlage eines Fruchtstandes (Anfang April). Vgr. 30.
23. 24. Längsdurchschnitte junger Sporangienträger. Vgr. 300.
25. Längsdurchschnitt eines knollig angeschwollenen unterirdischen Internodium des Eq. arvense. Vgr. 8.
26. Aus dem Längsdurchschnitte eines jungen Internodium des Equis. pratense: in den Zellen einer Längsreihe haben sich Ringfasern gebildet; die Querscheidewände dieser Zellen sind noch vorhanden. Vgr. 300.
27. Anlage eines Sporangium des Eq. pratense im Längsschnitte durch die Achse des Sporangienträgers. Vgr. 300.
28. Querdurchschnitt der Endknospe, nahe unterhalb der Spitze, eines starken Sprosses des Equis. pratense. Vgr. 300.
29. Querdurchschnitt eines älteren Internodium derselben Art.

Tafel XX.

1—31. *Equisetum limosum.*

1. Hälfte eines längsdurchschnittenen jungen Sporangienträgers nebst Sporangium. Vgr. 200.
2. Längsdurchschnitt eines jungen Sporangium. Vgr. 250 (diese und die nächstfolgenden Figuren Mitte Mai).
3. Vier an einander haftende Mutterzellen von Sporen. Vgr. 400.
4. Freie Sporenmutterzelle. Gleiche Vergrösserung.
5. Sporenmutterzelle, deren primärer centraler Kern sich auflöste. Vgr. 300.
6. Sporenmutterzellen mit zwei secundären Kernen, zwischen denen allmälig eine plattenförmige Anhäufung von Körnchen sich bildet. Vgr. von 6 u. 8 300, der übrigen 400.

11. 12. Mutterzellen mit vier tertiären, nach den Ecken eines Tetraëders gruppirten Kernen. Vgr. v. 11 450, von 12 300.
13. 14. In vier Specialmutterzellen getheilte Mutterzellen. Vgr. v. 13 250, von 14 300.
15—17. Aus dem Zusammenhange mit ihren Schwesterzellen getretene, kugelig gewordene Specialmutterzellen, in denen eben die Spore sich bildet. Vgr. v. 16 400, v. 17 300.
18. Specialmutterzelle mit der kugeligen Spore. Auf der Innenwand der Specialmutterzelle zeigen sich die ersten Andeutungen der beiden breiten Spiralfasern. Vgr. 400.
19. Reife Spore, nach Abstreifen der Reste der Specialmutterzelle (der Schleudern). Vgr. 400.
20. Beginn der Keimung: es treten zahlreiche Chlorophyllkörperchen in der Inhaltsflüssigkeit der Spore auf. Der centrale Kern der Spore ist noch vorhanden. Vgr. 400.
20^b. Dieser Kern ist verschwunden; in der Zelle finden sich zwei Anhäufungen von Körnern, deren jede einen secundären Kern umschliesst. Vgr. 400.
21—30. Keimpflänzchen verschiedener Entwickelung, Anfang bis Mitte Juni. Vgr. 300.
30^b. Eine der Zellen des F. 30 dargestellten jungen Prothallium. Vgr. 600.
30^c. Der Kern und das ihm nächste Stück der Wand dieser Zelle besonders dargestellt. Vgr. 750.
31. Stück des Randes eines älteren Prothallium (Mitte Juli) mit einer halbentwickelten und einer reifen Antheridie, die beide im Längsdurchschnitt dargestellt sind. Vgr. 300.

32—62. *Equisetum arvense.*

32 reife, 33 im Beginn der Keimung begriffene Spore; 34 — 45 Keimpflänzchen verschiedener Entwickelung; 32—38 und 45 300fach, die übrigen 500fach vergrössert.

46. Aelteres Prothallium, an welchem die ersten Antheridien sich zeigen. Vgr. 200.
47. Ein entwickelteres Prothallium, an welchem das Rudiment nur einer Antheridie. Vgr. 200.
48. Theil des Inhalts einer halbreifen Antheridie: kleine tessellare Zellen umschliessen die ellipsoïdischen Mutterzellchen der Samenfäden. Vgr. 500, wie auch der folgenden 22 Abbildungen.
49. Ein freies solches Mutterzellchen.
50. 51. Mutterzellchen, in denen die Spermatozoïden sichtbar werden.
52. Zerissenes Mutterzellchen, aus dem eben ein Samenfaden sich befreit.
53—55. Samenfäden, die zum Theil noch in den Mutterzellchen stecken.
56. Völlig freier, durch Iod getödteter Samenfaden.
57. In Bewegung begriffener Samenfaden, der mit der äussersten Spitze seines verdünnten Endes an einer der Haarwurzeln des Prothallium fest klebte.
58. 59. 60. Durch Iodtinctur getödtete freie Samenfäden.
61. Aelteres Prothallium, dessen Hauptlappen an seinen Rändern 8 ihres Inhalts entleerte Antheridien zeigt. Der Unterseite dieses Lappens ist ein Fortsatz entsprossen, welcher das Rudiment eines Archegonium trägt. Vgr. 300.
61^{b}. Eben derselbe Fortsatz, Seitenansicht.
62. Rudiment eines Archegonium, von oben gesehen. Die punktirten Kreislinien deuten an die Umrisse der Basalzelle des Organs und des Kerns derselben. Vgr. 300.

Tafel XXI.

1—24. *Pilularia globulifera.*

1. Reife grosse Spore, längsdurchschnitten (die Schichtung der äusseren Sporenhaut ist, wie auch bei den meisten der folgenden Figuren, nicht mit angedeutet). Vgr. 50.
2. Oberer Theil einer im ersten Anfang der Keimung stehenden grossen Spore im Längsdurchschnitt (S. 103). Vgr. 300.
3. Sehr junges Prothallium, Seitenansicht; 3^{b} dasselbe längsdurchschnitten. Vgr. 400.
4. Keimende Spore mit zwischen den Lappen der äusseren Sporenhaut noch verborgenem Prothallium, längsdurchschnitten. Vgr. 50.
5. 6. Junge Prothallien im Längsdurchschnitt. 5 300fach, 6 500fach vergrössert.
7. Kleine Spore, die aus den Rissen ihrer geplatzten Innenhaut Mutterzellchen von Samenfäden austreten liess, aus deren einigen die Samenfäden eben sich befreien. Vgr. 600.
8. Zur Befruchtung bereites Prothallium, Ansicht von aussen. Vgr. 300.
8^{b}. Dasselbe im Längsdurchschnitt. Vgr. 500.
9. Zur Befruchtung bereites Prothallium, längsdurchschnitten. Vgr. 300.
10. Ein ähnliches Präparat. Der Inhalt einiger der Zellen der Hüllschicht, wie auch die Schichtung eines Theils der äusseren Sporenhäute ist mit gezeichnet. Vgr. 400.
11. 12. Eben befruchtete, Rudimente von Embryonen umschliessende Prothallien im Längsdurchschnitte. Vgr. 300.
13. 14. Prothallien mit weiter entwickelten Embryonen im Längsdurchschnitt. 14^{b}. Der Embryo der f. 14 frei präparirt. Vgr. 300.
15. Prothallium mit einem Embryo, welcher beginnt den ersten Wedel zu entwickeln, im Längsdurchschnitt. Vgr. 300.
16. 17. Weitere Entwickelungsstufen vom Prothallium umschlossener, in Bildung des ersten Wedels und der ersten Wurzel begriffener Embryonen. Vgr. von 16 300, von 17 100.
18. Längsdurchschnitt eines abortirten Prothallium. Vgr. 300.

19. Spore und Keimpflanze, deren erster Wedel das Prothallium durchbrochen, im Längsdurchschnitt. Vgr. 10.

19[b]. Die Spitze des längsdurchschnittenen Endes des zweiten Wedels desselben Keimpflänzchens. Vgr. 200.

19[c]. Die Spitze der längsdurchschnittenen Wurzel des nämlichen Pflänzchens. Vgr. 200.

20. Sehr junges Sporangium, im Längsdurchschnitt. Vgr. 250.

21. Die Centralzelle eines durch einen Längsschnitt geöffneten, einen Schritt weiter entwickelten Sporangium. Sie zeigt zwei freie Zellenkerne. Vgr. 250.

22. Zwei Sporenmutterzellen und einige der kleinen, schleimigen Zellen aus dem Innenraume eines zur Bildung einer grossen Spore bestimmten Sporangium. Vgr. 300.

23. Eine der jungen grossen Sporen, nebst einem Complex von vier abortirenden Specialmutterzellen, aus einem ebensolchen Sporangium. Vgr. 300.

24. Ein längsdurchschnittenes solches Sporangium auf gleicher Stufe der Entwickelung. Vgr. 200.

25—34. *Pilularia minuta.*

25. Junge Frucht nebst einem Stücke des Stengels, Seitenansicht. Vgr. 5.

26. Längsdurchschnitt des Endes eines vegetativen Sprosses. Vgr. 300.

27. Längsdurchschnitt einer sehr jungen Frucht. Vgr. 100.

28. Eine halbreife Frucht, durch einen Längsschnitt geöffnet. Im Innern sieht man ein, durch den Schnitt gleichfalls geöffnetes, Sporangium welches eine grosse Spore und mehrere fehlgeschlagene Mutterzellen enthält: über diesem mehrere, kleine Sporen umschliessende Sporangien. Vgr. 20.

29. Eine nahezu reife Frucht, dicht über den untersten Sporangien quer durchschnitten. Vgr. 10.

30. Mutterzelle grosser Sporen, in vier Specialmutterzellen getheilt. Vgr. 400.

31—34. Entwickelungsstufen grosser Sporen; neben 31 und 32 sind abortirende Mutterzellen aus denselben Sporangien mit dargestellt. Vgr. v. 31 300; von 32 150; von 33, 34 250.

Tafel XXII.

1—21. *Salvinia natans.*

1. Grosse Spore im ersten Beginn der Keimung, längsdurchschnitten. Vgr. 100.

2. Spore mit zwischen den Lappen des Scheitels verborgenem Prothallium, dessen erstes Archegonium sich eben bildet, längsdurchschnitten. Vgr. 300.

3. Ein ähnliches Präparat; der Schnitt hat das Prothallium nur gestreift. Der Inhalt des Hohlraums der Spore ist zum Theil mitgezeichnet. Vgr. 150.

4. Keimende Spore mit weiter entwickeltem Prothallium, längsdurchschnitten. Die gebräunte Basalzelle eines fehlgeschlagenen Archegonium schimmert durch; ihre Lage ist durch einen kreisförmigen Schatten angedeutet. Vgr. 300.

5. Entwickeltes Prothallium im Längsschnitt. Die Basalzellen vierer Archegonien wurden durch den Schnitt geöffnet; bei einem derselben auch der Ausführungsgang blos gelegt. Vgr. 300.

6. Längsschnitt durch ein befruchtetes Prothallium; das Messer hat den vor Kurzem entstandenen Embryo gestreift. Es schimmert von unten her der gebräunte Ausführungsgang des Archegonium durch, in welchem dieser Embryo sich bildete. Vgr. 300.

7. 8. Aehnliche Präparate; die Embryonen beider sind schon beträchtlich entwickelt. Vgr. v. 7 100, von 8 200.

9. Frei präparirter Embryo, mit dem der f. 8 ungefähr gleicher Entwickelung. Vgr. 300.

10. Etwas weiter ausgebildeter Embryo, frei präparirt. Vgr. 200.

11. Entwickelterer Embryo, frei gelegt. Vgr. 50.
11ᵇ. Der untere Theil desselben (drei der wurzelähnlichen Zweige). Vgr. 400.
12. Die Spitze eines ähnlichen Zweiges eines anderen Embryo. Vgr. 400.
13—16. Einige der aus Sporangien mit kleinen Sporen Mitte März heraus gedrückten sphärischen Zellenkörper (Antheridien). Vgr. 300.
17ᵇ. Reifere, schon zur Hälfte entleerte Antheridien in gleicher Vgr.
18. 19. Mutterzellchen von Samenfäden; 20 ein solches aus dem der Samenfaden eben sich befreit; 21 in Bewegung begriffener Samenfaden (dessen lebhaft schwingende Wimpern nicht sichtbar werden so lange die Bewegung dauert). Vgr. 300.

22—31. *Marsilea pubescens.*

22. Umrisse einer längsdurchschnittenen, aus der aufspringenden Frucht eben ausgetretenen grossen Spore.
23. Der Scheitel einer solchen (die Gallerthülle ist in dieser wie in den folgenden Zeichnungen nicht mit angedeutet). Vgr. 300.
24. Ein ähnliches Präparat: die primäre Sporenhaut und die ihren Scheitel einnehmende linsenförmige Zelle sind aus der Ausstülpung der inneren Schicht des Exosporium vorsichtig herausgezogen worden. Vgr. 300.
25. Erster Beginn der Keimung: in jener linsenförmigen Zelle zeigen sich zwei kugelige Kerne an der Stelle des primären. Vgr. 300.
26. Zweizelliges Rudiment eines Prothallium, blosgelegt mittelst zweier paralleler Längsschnitte durch die Spore. Die Primordialschläuche der Zellen sind durch Zusatz concentrirter Lösung von Aetzkali contrahirt. Vgr. 400.
27. Seitenansicht einer vierzelligen Anlage zu einem Prothallium. Gleiche Vgr.
28. Seitenansicht eines weiter entwickelten Prothallium. Vgr. 300.
29. Zur Befruchtung bereites Prothallium, Längsdurchschnitt. Gleiche Vgr.
30. Halbentwickeltes Prothallium von oben; 30ᵇ. Dasselbe von unten. Vgr. 300.
31. Zwillings-Stärkekorn aus einer grossen Spore. Vgr. 500.

Tafel XXIII.

1—3. *Selaginella helvetica.*

1. Junge Fruchtähre im Langsschnitt. Vgr. 30.
2. Sehr junges Sporangium, längsdurchschnitten. Vgr. 300.
3. Junge grosse Spore, 100fach vergr. a. Durchschnittsansicht, b. Ansicht von aussen.

4—44. *Selaginella denticulata Spring.*

4. Längsdurchschnitt des gabelnden Endes eines Sprosses. Vgr. 30. Die letzte Gabelung links ist eine junge Fruchtähre.
5. Umrisse einer längsdurchschnittenen, wenig weiter entwickelten Fruchtähre bei gleicher Vgr.
6. Gabelndes Ende eines vegetativen Sprosses, Unterseite. Vgr. 30.
7. Durch Längsschnitte parallel der Achse blosgelegtes Ende eines vegetativen Sprosses, von der schmalen Seite gesehen. Vgr. 50.
8. Gabelig verästeltes Sprossende, Ansicht von der (breiten) Oberseite. Vgr. 100.
8ᵇ. Dasselbe, Ansicht von oben.
9. Hälfte eines vor kurzem gabelnden Sprossendes (der Art wie das f. 6 dargestellte) im Längsdurchschnitte. Vgr. 500.

10. Längsdurchschnittenes Sprossende im ersten Beginn der Gabelung. Vgr. 500.
11. Aehnliches Präparat; die Gabelung ist etwas weiter vorgeschritten. Vgr. 500.
12. Der Scheitel eines Sprosses, dessen Entwickelung ungefähr die Mitte hält zwischen den f. 10 und 11 dargestellten, von oben gesehen. Vgr. 500.
13. Fortwachsendes Ende einer jungen Fruchtähre im Längsdurchschnitt. Vgr. 500.
14. Der Scheitel einer solchen, von oben gesehen. Vgr. 500.
15. Längsschnitt durch die Stelle des nackten Endes einer jungen Fruchtähre, an welcher ein Sporangium angelegt wird. Vgr. 500.
16. Sehr junges Sporangium, längsdurchschnitten. Vgr. 600.
17. Weiter entwickeltes Sporangium im Längsdurchschnitt. Vgr. 400.
18. Sporangium ähnlicher Entwickelung (zur Bildung grosser Sporen bestimmt) nebst dem Blatte über ihm, längsdurchschnitten. Vgr. 400.
19. Weiter ausgebildetes Sporangium, Längsdurchschnitt. Vgr. 150.
19^b. Ein Theil desselben Präparats. Vgr. 300.
20. Längsdurchschnitt eines grossen Sporangium, dessen Mutterzellen sich zu vereinzeln beginnen. Vgr. 300.
21. Mutterzelle grosser Sporen, die eben in vier Specialmutterzellen sich theilte, umgeben von einigen ihrer abortirenden Schwesterzellen. Vgr. 400.
22. Eine ebensolche Mutterzelle. Vgr. 400.
23. 24. 25. Doppelpaare ganz junger grosser Sporen, durch die letzten Reste der aufgelösten Specialmutterzellen noch locker zusammen gehalten. Vgr. v. 23, 300; von 24, 25 500.
26^a. Junge Kugelkapsel von aussen; durch ihre Wand schimmern die vier schon beträchtlich gewachsenen Sporen hindurch. Vgr. 30.
26^b. Eine dieser Sporen frei gelegt. Vgr. 300.
27^a. Eine wenig weiter entwickelte Kugelkapsel, durch einen Längsschnitt geöffnet. Vgr. 50.
27^b. Eine der Sporen derselben nach längerem Liegen in Wasser. Vgr. 300.
28. Etwas weiter entwickelte grosse Spore. Vgr. 300.
29. Ausgebildetere grosse Spore, Querdurchschnittsansicht. Vgr. 300.
29^b. Dieselbe Spore, mit Aetzkalilauge behandelt. Das Exosporium ist nicht mit gezeichnet.
30. Halbreife Spore. Vgr. 50.
31. Ein Stück der Wand einer reifen Kugelkapsel im Längsdurchschnitt. Vgr. 200.
31^b. Ein Stück dieser Wand, von der Aussenseite gesehen. Die Grenzen der grösseren Zellen der zweitinneren Lage schimmern durch die kleinen der Oberfläche hindurch. Vgr. 300.
32. Stück der Haut (der innern und der äusseren) einer längsdurchschnittenen reifen grossen Spore. Vgr. 500.
33. Mutterzellen kleiner Sporen. Die untere zeigt noch den primären centralen Kern; in der oben rechts ist er bereits aufgelöst; in der oben links finden sich vier Tochterkerne. Vgr. 300.
34. Eine solche Mutterzelle, die eben in vier Specialmutterzellen sich theilte. Vgr. 300.
35^a. Complex von vier Specialmutterzellen tetraëdrischer Stellung, in deren jeder eben eine Spore sich bildet. Vgr. 300.
35^b. Ein ähnliches Präparat. Die Specialmutterzellen stehen decussirt.
36. Erstes Rudiment eines Blattes (Theil eines besonders gelungenen Längsdurchschnitts einer Blattknospe). Vgr. 600.
37. 38. Der f. 36 abgebildeten nächstfolgende Entwickelungsstufen von Blättern, im Längsschnitt bei gleicher Vgr.
39. Etwas weiter entwickeltes Blatt im Längsdurchschnitt. Vgr. 200.

40. 41. Vorderenden junger Blätter von der Fläche gesehen. Vgr. 300.
42. Längsdurchschnitt der Spitze eines sehr jungen Nebenblatts. Vgr. 400.
43. Halbentwickeltes Nebenblatt im Längsdurchschnitte. Vgr. 200.
44. Umriss eines wenig weiter entwickelten Nebenblatts, von der Fläche gesehen. Vgr. 100.

45—48. *Selaginella spinulosa.*

45. Rudiment eines Fruchtstands im Längsdurchschnitt. Vgr. 30.
46. Mutterzelle grosser Sporen. Vgr. 300.
47. Complex von vier jungen grossen Sporen. Vgr. 100.
48. Eine solche, vereinzelt. Vgr. 300.
49ᵃ. Sporenmutterzelle des Lycop. Selago. Vgr. 300.
49ᵇ. Eine solche, mit zwei secundären Kernen. Vgr. 300.

Tafel XXIV.

1—19. *Selaginella Galeottii Spring.*

1. Ende eines nur Blätter tragenden Sprosses; Längsdurchschnittsansicht der breiten Seite (erlangt durch Einstellung des Mikroskops auf die Längsachse). Vgr. 400.
1ᵇ. Dasselbe, Ansicht von aussen.
1ᶜ. Dasselbe, Ansicht von aussen der schmalen Seite.
2. Ein ähnliches Sprossende, Aussenansicht der schmalen Seite. Vgr. 400.
3. 5. Längsdurchschnitte senkrecht auf die breite Seite anderer Endknospen. Vgr. 400.
4. Ansicht schief von oben eines Sprossendes. Vgr. 400.
6—10. Längsdurchschnittsansichten parallel den breiten Seiten von Endknospen. Vgr. 400.
11. Der Scheitel einer solchen, von oben gesehen. Vgr. 400.
12. Umriss eines jungen Unterblatts. Vgr. 30.
13. Mitte des Vorderrands eines gleichjungen Oberblatts. Vgr. 300.
14. Spitze eines etwas entwickelteren Unterblatts. Vgr. 600.
15. Ein Stück des Seitenrandes eines ausgebildeten Unterblatts. Vgr. 300.
16. Ein Stück desselben, näher nach der Mittelrippe zu, von der unteren Fläche gesehen. Vgr. 300.
17. Eine ähnliche Stelle im Längsschnitt. Vgr. 300.
18. Sehr junges Nebenblatt, von der Fläche gesehen. Vgr. 500.
19. Seitenansicht einer Endknospe. Vgr. 100.

20—35. *Selaginella Martensi Spring.*

20. Adventivspross, entstanden aus einem von Asseln abgebissenem Stammstücke. Vgr. 10.
21. Mutterzelle grosser Sporen; daneben einige ihrer abortirenden Schwesterzellen. Vgr. 300.
22. Eine ähnliche Mutterzelle.
23. Mutterzelle grosser Sporen, in welcher neben dem grossen, verblassenden primären Kerne vier Tochterkerne sich bildeten (von denen nur drei sichtbar sind). Vgr. 300.
24. Mutterzelle, deren primärer Kern nicht mehr vorhanden; die vier neu gebildeten Kerne liegen in einer Ebene. Vgr. 300.
24ᵇ. Dasselbe Präparat, mit wässeriger Iodtinctur behandelt. Die vier Zellenkerne haben bei Einwirkung derselben sich etwas von einander entfernt.
25. Mutterzelle, die eben in vier Specialmutterzellen sich theilte. Vgr. 300.
26. Complex von vier Specialmutterzellen (eine ist dem Beobachter abgewendet) deren jede eine ausgebildete Spore umschliesst. Vgr. 400.



27. Ansicht von aussen einer halbreifen Spore. Vgr. 400.
28. Complex von vier Specialmutterzellen, deren jede eine solche Spore enthält. Vgr. 50.
28ᵇ. Eine solche Specialmutterzelle sammt der von ihr umschlossenen Spore, durch leichten Druck auf das Deckglas isolirt. Vgr. 400.
29. Junge grosse Spore, mit abnorm entwickeltem Exosporium. Vgr. 400.
30. Mutterzelle kleiner Sporen. Vgr. 400.
31. Eine solche, in vier Specialmutterzellen getheilt, in deren jeder eine Spore entstand. Vgr. 300.
32. Complex von vier Specialmutterzellen. Vgr. 400.
32ᵇ. Die Berührungskante der Haut der Mutterzelle mit der zweier Specialmutterzellen. Vgr. 600.
33. Complex zweier kräftiger und einer abortirenden Specialmutterzelle. Vgr. 400.
34. 35. Zellen mit abnorm verdickten Wänden aus jungen Staubkapseln. Vgr. 300.
36. 37. Junge grosse Sporen der Selaginella Galeottii. Vgr. 300.
38. Halbreife kleine Spore derselben Art. Vgr. 300.

Tafel XXV.

Längsdurchschnitt eines sehr kräftigen Sprosses der Selaginella Galeottii, durch die Mittellinien zweier einander opponirter Reihen von Ober- und Unterblättern (die ersteren sind auf der Zeichnung links, die zweiten rechts). Die Uebertragung des Bildes aufs Papier geschah, wie bei vielen anderen Abbildungen dieser Schrift, nach der *Francis Bauer*'schen Methode;* die Grenzen der einzelnen Zellen sind mit möglichster Genauigkeit nachgezeichnet. Vgr. 500.

Tafel XXVI.

1—5. *Selaginella helvetica.*

1. Kleine Spore, 5 Monate nach der Aussaat. Im Innenraume hat sich eine grosse Zahl kleiner kugeliger Zellen gebildet. Vgr. 400.
2. Eine solche Spore, leichtem Drucke unterworfen. Einige jener Zellen sind ausgetreten.
3. Eine solche Spore, zwei Wochen später, leicht zusammengedrückt. Die aus ihr hervortretenden Zellchen zeigen jetzt jede einen sehr zarten, spiralig gerollten Samenfaden.
4. Grosse Spore, kurz nach der Aussaat, im Längsdurchschnitt. Vgr. 200.
5. Prothallium von oben gesehen, sechs Monate nach der Aussaat. Vgr. 300.

6—11. *Selaginella Martensi.*

6. Innere Haut einer eben der Kapsel entnommenen grossen Spore, aus dem Exosporium herausgeschält und senkrecht auf die Fläche des der Innenseite derselben angeschmiegten Rudiments des Prothallium betrachtet. Vgr. 400.
7. Spore, sechs Monate nach der Aussaat, im Längsdurchschnitt. Vgr. 200.
7ᵇ. Eines der Archegonien dieses Präparats. Vgr. 400.
8. Junge Keimpflanze, isolirt und längsdurchschnitten. Vgr. 200.
8ᵇ. Die Spore, deren Innerem dieses Keimpflänzchen entnommen ist. Das aufgeblähete, den ziemlich entwickelten Embryo umschliessende Prothallium ragt aus den Spalten des Scheitels der Sporenhaut weit hervor. Vgr. 15.
9. Ein entfaltetes Keimpflänzchen, aus der Spore hervorgezogen. Vgr. 3.
9ᵇ. Das Prothallium, in welchem es entstand, aus dem Exosporium herausgeschält. Gleiche Vgr.

---

* *Mohl's* Mikrographie. S. 326.

10. Keimpflanze, deren erste Blätter entfernt worden sind (die Nebenblätter derselben sind stehen geblieben), nebst dem von der äusseren Sporenhaut befreiten Prothallium. Vgr. 30.

10b. Die gabelnde Endknospe dieses Keimpflänzchens. Vgr. 300.

11. Keimende Spore, in deren (aus der äusseren Sporenhaut hervorragendem) Prothallium zwei Keimpflanzen entstanden. Vgr. 5.

12—25. *Selaginella denticulata.*

12. Längsdurchschnitt eines unbefruchteten Prothallium, 11 Monate nach der Aussaat. Mehrere Archegonien sind durch den Schnitt blos gelegt; bei einem derselben ist die in der Centralzelle entstandene sphärische Zelle mit gezeichnet. Vgr. 250.

12b. Mündung eines Archegonium von oben gesehen. Vgr. 350.

12c. Oeffnung eines Archegonium, dessen Mündungszellen papillös nach oben gedehnt sind, schief von oben gesehen. Vgr. 150.

13. Archegonium, dessen obere Zellen noch eng vereinigt sind und in dessen Basalzelle die freie sphärische Zelle sich noch nicht bildete. Vgr. 600.

14. Eben befruchtetes Archegonium, durch einen besonders geglückten Längsschnitt geöffnet. Die Mutterzelle des Embryo hat sich durch eine Querwand getheilt. — Durch einen unglücklichen Zufall wurde das Präparat zerstört, ehe seine Zeichnung vollendet war. Ein Theil der Gewebezellen des Prothallium ist aus dem Gedächtnisse gezeichnet. Alle Bemühungen, ein ähnliches zweites Präparat darzustellen, waren vergebens. Vgr. 600.

15. Befruchtetes Prothallium im Längsschnitt, der das Archegonium, in welchem die Anlage des Embryo entstand, und den Verlauf des zum Embryoträger gewordenen Vorkeims blos legte. Vgr. 200.

16. Ein ähnliches Präparat, bei welchem der Scheitel der zur Entwickelung von Blättern bestimmten zweiten Achse des Embryo dem Beschauer zugewendet ist. Vgr. 150.

17. Junger Embryo, frei präparirt, mit einzelligem Träger (ein seltener Fall). Ansicht der breiten Seite der zweiten Achse. Vgr. 500.

18. 19. Aehnliche Präparate, von der schmalen; 20 von der breiten, 21 von der schmalen Seite der zweiten Achse gesehen. Vgr. 500.

22. Umrisse eines Prothallium, in welchem ein Embryo verborgen liegt, welcher bereits seine Cotyledonen anlegte. Vgr. 30.

22b. Blick von innen auf eine (die kleinere) der Längshälften dieses durch einen Schnitt getheilten Embryo. Die Endknospe ist durch den Schnitt entfernt; die Grenzen der Zellen des einen rudimentären Blattes und seines Nebenblattes sind in der Zeichnung angegeben. Vgr. 120.

22c. Eine der unteren Ecken des anderen Blattes. Vgr. 250.

23. Weiter entwickelter Embryo, dessen Endknospe sich gabelt. Ein Theil des einen Cotyledon ist weggeschnitten. Vgr. 30.

24. Spore im Längsdurchschnitt, deren Embryo vor Kurzem das Prothallium durchbrochen hat; seine Blätter beginnen zu ergrünen. Der Schnitt hat den grössten Theil des einen Cotyledon, dessen Nebenblatt und mehrere Blätter der beiden rudimentären Achsen dritter Ordnung des Embryo weggenommen. Vgr. 30.

Tafel XXVII.

1. Eychen eines eben aufgeblüheten Zapfens der Pinus austriaca (Anfang Juni) im Längsdurchschnitt. Vgr. 150.

2. Embryosack der Pinus Mughus nebst den ihm angrenzenden Zellen des Eychens eines eben aufgeblüheten Zapfens. Vgr. 500.

3. Der Nucleus eines ebensolchen Eychens, im Längsdurchschnitt. Vgr. 300.

4. Embryosack derselben Art, etwas später, nach Verflüssigung des centralen Kerns. Vgr. 500.
5. Embryosack der Pinus Strobus, aus einem längsdurchschnittenen Eychen, Mitte Juni. Vgr. 300.
6. Embryosack der Pinus silvestris, mit den aus dem Zusammenhange tretenden Nachbarzellen, Anfang Juni. Vgr. 500.
7. Ein ähnlicher Embryosack, völlig frei präparirt.
8. Längsdurchschnitt des Nucleus des Eychens eines vor Kurzem aufgeblüheten Zäpfchens derselben Art (Anfang Juni). Der Pollenschlauch ist in die Kernwarze ziemlich tief eingedrungen. Vgr. 100.
9. Ein Stück des frei präparirten Embryosacks der P. austriaca, Mitte Juni. Zahlreiche, freie secundäre Zellenkerne sind der Innenwand desselben angelagert. Vgr. 300.
10. Mit Zellgewebe gefüllter Embryosack der P. silvestris im Längsschnitt, Ende Juni. Vgr. 300.
10ᵇ. Ein solcher, von aussen gesehen.
11. Eychen und Basaltheil des Spermophorum der Pinus maritima, Anfangs Januar des zweiten Jahres. Die Wände der Zellen des sehr herangewachsenen Endosperms sind durch Anlagerung gallertartiger Schichten stark verdickt. Zwei Pollenkörner haben auf nur eine kurze Strecke in das Gewebe der Kernwarze Schläuche getrieben. Vgr. 300.
12. 13. Einzelne Zellen des Endosperms zur nämlichen Zeit; 12 mit Iodtinctur, 13 mit Aetzkali behandelt. In beiden Fällen haben die Primordialschläuche der Zellen sich contrahirt. Vgr. 500.
14. Eine einzelne Zelle des Endosperms derselben Art, Mitte März. Die Verdickungsschichten der Zellwand sind schon ziemlich wieder aufgelöst; nur die primäre Membran der Zelle ist noch intact. Vgr. 500.
15. 16. Durch die vollständige Verflüssigung der Cellulose-Membranen frei gewordene Primordialschläuche von Endospermzellen derselben Art, Ende März. Vgr. 500.
17. Ein solcher freier Primordialschlauch, der in seinem Innern an der Stelle des primären centralen Kerns zwei secundäre zeigt, Mitte April. Vgr. 500.
18. Ein Stück der Haut des längsdurchschnittenen Embryosacks der Pinus Strobus mit einigen deren Innenseite lose anhaftenden Zellen des Endosperms, Anfang April. Vgr. 300.
19. Längsdurchschnitt des Embryosacks der Pinus silvestris, Anfangs April des zweiten Jahres.
20. Längsdurchschnitt des Eychens (parallel der Fläche des Spermophorum) derselben Art, Anfang Mai. Eine Schicht von neu gebildeten Zellen hat der Innenseite der derber gewordenen Membran des Embryosacks sich fest angelagert, welcher jetzt vollständig die aufgelockerten Zellen des ihn umgebenden Theils des Eykerns verdrängt hat. Vgr. 30.
20ᵇ. Ein Theil der Aussenseite des Embryosacks dieser Figur. Vgr. 300. Man sieht, dass die der Innenwand des Embryosackes angelagerten Zellen an den Berührungsflächen mit derselben noch nicht fest an einander schliessen.
21. Ein solcher Embryosack, frei präparirt.
22. Einige der in seinem Inneren frei schwimmenden Zellen. Vgr. 400.
23. Ein Theil der Haut eines durch allmälig gesteigerten Druck zersprengten solchen Embryosacks. Aus dem Risse der Membran wurden zahlreiche, in lebhafter Vermehrung begriffene Zellen ausgetrieben; auch die der Innenseite der Wand ansitzenden Zellen wurden durch den Druck von ihr abgelöst. Vgr. 300.

Tafel XXVIII.

Pinus silvestris.

1. Längsdurchschnitt eines Embryosacks, zum zweiten Male theilweis mit Zellgewebe gefüllt. Mitte Mai des zweiten Jahres. Vgr. 60.
2. Ein ähnliches Präparat: die abgeschälte Haut des Embryosacks liegt in Falten neben ihm.

3. Längsdurchschnitt eines Eychens derselben Art, dessen Embryosack sich zum zweitenmale vollständig mit geschlossenem Endosperm füllte. Am 20. Mai. Vgr. 50.

4. Junges Corpusculum, nebst einigen seiner Nachbarzellen frei präparirt, Ende Mai (zu dieser Zeit ist der Zusammenhang der einzelnen Zellen des Eyweisskörpers noch sehr locker). Vgr. 300.

5. Längsdurchschnitt des oberen Theiles eines Eyweisskörpers, Ende Mai. Zwei junge Corpuscula sind sichtbar. Die den Scheitel derselben deckenden Zellen haben sich noch nicht durch kreuzweise Längswände getheilt. Vgr. 150.

6. Querschnitt durch denselben Theil des minder entwickelten Eyweisskörpers, am 27. Mai. Man blickt von unten in vier durch den Schnitt geöffnete Corpuscula. Die der Innenwölbung der Scheitel eingeschmiegten grossen Zellenkerne sind sichtbar. Vgr. 200.

7. Querschnitt durch die Corpuscula eines etwas entwickelteren Eyweisskörpers, in gleicher Ansicht. Vgr. 120.

8. Corpusculum im Längsdurchschnitt, Anf. Juni. Vgr. 200.

9. 10. Die den Scheitel der Corpuscula deckenden Zellenrosetten, von oben gesehen. Bei f. 9 hat erst eine der beiden Längshälften der Zelle sich zum zweiten Male getheilt. Vgr. 200.

11. Längsdurchschnitt eines entwickelteren, zum Befruchtetwerden bereiten Corpusculum (am 3. Juni). Vgr. 200.

12. Das untere Ende eines längsdurchschnittenen, noch unbefruchteten Corpusculum (am 9. Juni). Vgr. 300.

13. 14. Einzelne der in der Inhaltsflüssigkeit vollständig entwickelter Corpuscula freischwimmenden Zellen, mit Iod behandelt, wobei die Umrisse der Kerne scharf hervor treten. Vgr. 400.

15. Das untere Ende eines eben befruchteten Corpusculum, mit dem der Wölbung eingepressten Keimbläschen (am 16. Juni). Vgr. 300.

16—20. Entwickelungsstufen des Vorkeims (die unteren Enden längsdurchschnittener Corpuscula) vom 16. bis 18. Juni des zweiten Jahres. Vgr. 300.

21. Corpusculum mit Pollenschlauch und achtzelligem Vorkeim (eigentlich neunzelligem Proembryo; die oberste, älteste Zelle desselben ist aber schon völlig wieder aufgelöst), im Längsdurchschnitt. Am 18. Juni. Vgr. 120.

22. Zwölfzelliger Vorkeim, über ihm einige der noch jetzt im Corpusculum zahlreich freischwimmenden Zellencomplexe. Am 19. Juni. Vgr. 250.

22[b]. Der Weg des Pollenschlauchs welcher eben dasselbe Corpusculum befruchtete. Durch Wachsthum des umgebenden Gewebes ist das untere Ende des Schlauchs zersprengt worden.

23. Längsdurchschnitt eines Eychens mit zwei Eyweisskörpern. Die zwei vom Schnitte getroffenen Corpuscula des oberen Eyweisskörpers sind durch zwei verschiedene Pollenschläuche befruchtet. Am 20. Juni. Vgr. 20.

Tafel XXIX.

1. Obere Wölbung des zur Befruchtung bereiten Corpusculum der Pinus austriaca im Längsdurchschnitt. Vgr. 400.

2. Oberes Ende des Eyweisskörpers derselben Art, im Längsdurchschnitte, der zwei eben befruchtete Corpuscula blos legte. Am 3. Juni des zweiten Jahres. Vgr. 150.

3—27. *Pinus Strobus.*

3. 4. Untere Enden zur Befruchtung bereiter Corpuscula im Längsdurchschnitt. Vgr. 400.

5. Corpusculum, an welchem eben der Pollenschlauch anlangt, im Längsdurchschnitt, am 23. Juni. Vgr. 200.

5[b]. Eine der im Corpusculum freischwimmenden sphärischen Zellen. Vgr. 400.

6. Unteres Ende eines bis zum Corpusculum vorgedrungenen Pollenschlauches. Vgr. 300.

7. Eben befruchtetes Keimbläschen, am 26. Juni. Vgr. 200.

8. Längsdurchschnitt des oberen Theiles eines Eyweisskörpers, am 24. Juni. Ein Pollenschlauch ist bis zum oberen Ende des Corpusculum rechts vorgedrungen; das befruchtete Keimbläschen erscheint bereits durch eine Querwand in eine obere und eine untere Zelle getheilt. Vgr. 60.

8[b]. Das untere Ende dieses Corpusculum, 400fach vergr. (Die Zeichnung ist gefertigt nach 6tägigem Liegen des Präparats in Chlorcalcium, wobei die Primordialschläuche der Zellen sich contrahirt hatten).

9—21. Eine Reihenfolge von Entwickelungsstufen des Vorkeims, nach dem Grade der Ausbildung geordnet (vom 25—28. Juni). Vgr. von 9—17 300, von 18—20 200, von 21 60.

22. Der Vorkeim unmittelbar vor dem Zerfallen in vier Längsreihen von Zellen. Vgr. 100.

23—25. Proembryonen während des Zerfallens in ihre Längsreihen von Zellen. Am 30. Juni. Vgr. 100.

26. Die Zellen des unteren Endes einer solchen Längsreihe; die Endzelle steht im Beginn einer neuen Quertheilung. Vgr. 300.

27. Eines der Theilviertel des Vorkeims, an dessen unterem Ende die Vermehrung der Zellen in Richtung der Dicke begonnen hat. Vgr. 100.

28. Ein am oberen Ende noch nicht in seine Längsreihen von Zellen zerfallenen Vorkeim; in den Zellen des unteren Endes einer der Parallelreihen von Zellen, aus welchen er besteht, hat die wiederholte Theilung der Endzelle mittelst wechselnd nach zwei Richtungen geneigter Wände bereits ihren Anfang genommen. Die drei anderen Längsreihen von Zellen sind weggeschnitten. Am 6. Juli. Vgr. 100.

Tafel XXX.

1. Abies excelsa. Jüngeres Corpusculum, Ende Mai des ersten Jahres, im Längsdurchschnitt. Vgr. 100.

2. Zur Befruchtung bereites Corpusculum derselben Art, Anfang Juni. Vgr. 200.

3. Längsdurchschnitt des Eychens parallel der Fläche des Spermophorum der Abies balsamea, Anfang Mai des ersten Jahres. Vgr. 60.

4. Der von wenigen grossen Zellen ausgefüllte Embryosack eines solchen Eychens im Längsdurchschnitte. Vgr. 300.

5—13. *Pinus canadensis.*

5. Eyweisskörper kurz vor dem Anlangen der Pollenschläuche am Embryosack (am 7. Juli des ersten Jahres). Vgr. 60.

6. Der obere Theil eines solchen mit zwei durch den Schnitt geöffneten Corpusculis. Vgr. 200.

7. Längsdurchschnitt eines Eyweisskörpers (Mitte Juli). Es zeigt zwei Corpuscula; bis zur oberen Wölbung des einen (links) drang kurz zuvor ein Pollenschlauch. Der unteren Wölbung dieses Corpusculum ist das vierzellige Rudiment eines Vorkeims eingepresst. Vgr. 200.

7[b]. Dieser Vorkeim in 400facher Vergrösserung.

8. Ein dem unteren Ende des längsdurchschnittenen Corpusculum eingezwängtes, vor Kurzem befruchtetes Keimbläschen, Mitte Juli. Vgr. 400.

8[b]. Dasselbe Präparat, mit Kalilauge behandelt.

9. 10. Vierzellige Vorkeime im Längsdurchschnitte. Vgr. 300.

11. 12. Weiter entwickelte Proembryonen. Die dem Corpusculum zugekehrten Wände der oberen Zellen derselben sind durch Anlagerung glasartig-durchsichtiger Schichten stark verdickt. Vgr. 300.

13. Ein weiter ausgebildeter Vorkeim. Auf den oberen Zellen desselben finden sich kugelige, unregelmässige Massen einer glasähnlichen Substanz. Die von den Nachbarzellen losgelöste, dem Prä-

parate anhängende Wand des Corpusculum zeigt seichte Tüpfel, und flache, der Aussenseite aufsitzende Leisten, deren Verlauf dem der Berührungskanten der Nachbarzellen entspricht (Ende Juli). Vgr. 300.

14—21. Junge Embryonen, 14, 18, 20 der Pinus maritima, die übrigen der Pinus silvestris; 15 ein Querdurchschnitt nahe unterhalb der Spitze; 16 und 21 Ansichten von aussen; die übrigen Zeichnungen Ansichten von Längsdurchschnitten (21^b Längsdurchschnitt des f. 21 von aussen dargestellten, um 90° gedrehten Präparats). Vom 28. Juni bis 7. Juli. Vgr. 250.

Tafel XXXI.

Taxus baccata.

1. Eychen im Längsdurchschnitt, Ende März. Die schattirte Stelle deutet die Lage der zu Embryosäcken bestimmten Zellen an. Vgr. 30.

2. 3. Die Zellen dieser Stelle längsdurchschnittener Eychen, 300fach vergr. (2 ist mit Iodtinctur behandelt; dadurch der Inhalt der Rudimente der Embryosäcke contrahirt).

4. Der Scheitel des Eykerns, Mitte April im Längsdurchschnitt, welcher den Verlauf eines zu dieser Zeit sehr zarten Pollenschlauchs bloslegte. Vgr. 150.

5. Ein ähnlicher Pollenschlauch, isolirt und 600fach vergrössert.

6—8. Die Embryosäcke und ihre Nachbarzellen aus längsdurchschnittenen Eychen, Ende April. Vgr. 300.

9—11. Weiter herangewachsene Embryosäcke. Frei präparirt (am. 6. Mai). Vgr. 300.

12. Embryosack und eine seiner Nachbarzellen, frei präparirt (am 17. Mai). Vgr. 500.

13. Zwei durch gelungene Längsschnitte frei gelegte Embryosäcke aus einem und demselben Eychen, Ende Mai. Vgr. 300.

14. Embryosack, frei präparirt, am 21. Mai. Vgr. 300.

15. Eychen im Längsdurchschnitt, am 21. Mai. Vgr. 8.

15^b. Der Embryosack desselben, frei präparirt. Vgr. 300.

16. Nucleus eines Eychens, durch dessen Kernwarze zwei Pollenschläuche bis zum Embryosack vorgedrangen, im Längsdurchschnitt (am 22. Mai). Vgr. 200.

17. Eychen, in dessen Kern drei Pollenschläuche sich bohrten, im Längsdurchschnitt. Vgr. 10.

18. Eyweisskörper, Pollenschlauch und Kernwarze eines längsdurchschnittenen Eychens, am 5. Juni. Vgr. 60.

18^b. Das eine (rechtsgelegene) Corpusculum dieses Eyweisskörpers. Vgr. 300.

18^c. Die im angeschwollenen Ende dieses Pollenschlauchs frei liegende kugelige Zelle und die sternförmige Anhäufung körnigen Schleimes neben ihr. Vgr. 300.

19. Ein ähnliches Präparat wie das f. 18 dargestellte, einige Tage später, in gleicher Vergrösserung. Im Inneren des Eyweisskörpers ist das Zellgewebe theilweis verflüssigt.

19^b. Der kegelförmige, auf eines der Corpuscula gerichtete Fortsatz des Pollenschlauches dieses Präparats. Vgr. 300.

19^c. Eines der Corpuscula dieses Eyweisskörpers. Vgr. 300.

20. Eyweisskörper nebst Pollenschlauch, aus einem längsdurchschnittenen Eychen, am 10. Juni. Vgr. 30.

20^b. Die freie Zelle aus dem Innenraume des unteren Pollenschlauchendes. Vgr. 300.

21. Pollenschlauch, frei präparirt, am 25. Mai.

22. Längsdurchschnitt eines Eyweisskörpers mit befruchtetem Corpusculum (sammt Pollenschlauch) am 9. Juli. Vgr. 150.

Tafel XXXII.

Taxus canadensis.

1. Corpusculum, kurz vor der Befruchtung, im Längsdurchschnitt (Anfang Juni). Vgr. 300.
2. Längsdurchschnitt des oberen Endes eines Eyweisskörpers nebst dem Pollenschlauche (am 5. Juni). Zwei Corpuscula sind durch den Schnitt geöffnet; das rechts ist befruchtet; das befruchtete Keimbläschen nimmt das untere Drittheil desselben ein. Vgr. 300.
3. Unbefruchtetes Corpusculum im Längsdurchschnitt, am 10. Juni. Vgr. 300.
4. 5. Befruchtete Corpuscula nebst Pollenschläuchen mit weiter entwickelten Vorkeimen (am gleichen Tage). Vgr. 200.
6. Ein ähnliches Präparat; der Pollenschlauch ist nicht mitgezeichnet.
7. Längsdurchschnitt eines Eykerns, am 15. Juni. Ein Pollenschlauch hat drei Corpuscula befruchtet. Vgr. 50.

7^b^. Die Vorkeime dieses Präparats, in 400facher Vgr.

8—10. Frei präparirte Vorkeime. Vgr. 300.

Tafel XXXIII.

1—7. *Juniperus sibirica.*

1. Blüthenstand, Seitenansicht. Vgr. 10.

1^b^. Derselbe, von oben gesehen.

2. Ein Blüthenstand im Längsdurchschnitt, der zwei der Eychen öffnete. Der Verlauf eines Pollenschlauchs im Nucleus des einen ist blosgelegt (am 5. Juni des ersten Jahres). Vgr. 30.

2^b^. Der Eykern nebst dem unteren Theile des Integuments des Eychens links der vorigen Figur. Vgr. 300.

3. Ein Theil des Scheitels eines längsdurchschnittenen Eykerns, in den ein Pollenschlauch eindringt. Vgr. 300.
4. Frei präparirter Embryosack, Ende Mai des zweiten Jahres, der zum zweiten Male sich mit Zellgewebe füllt.
5. Scheitel des vom Eyweisskörper gefüllten Embryosacks im Längsdurchschnitt, der 3 der Corpuscula bloslegte, am 9. Juni des zweiten Jahres. Vgr. 300.
6. Oberer Theil des Eyweisskörpers sammt Kernwarze und dem diese durchziehenden Pollenschlauch, im Längsschnitt (am 20. Juni). Vgr. 80.
7. Längsdurchschnittenes Corpusculum, am gleichen Tage. Vgr. 200.

8—24. *Juniperus communis.*

8. Längsdurchschnittene Corpuscula, nebst einem kleinen Theile des Eyweisskörpers und des Pollenschlauchs, am 20. Juli. Vgr. 300.

8^b^. Der Scheitel eines Corpusculum, von oben gesehen (am gleichen Tage). Vgr. 300.

9. Obere Hälfte eines Eyweisskörpers im Längsdurchschnitt (am 22. Juli). Vgr. 30.

10. 10^b^. Querdurchschnittene Gruppen von Corpusculis. Vgr. 200.

11. Unteres Ende eines noch nicht bis dicht an den Eyweisskörper vorgedrungenen Pollenschlauchs (am 20. Juli). Vgr. 400.
12. Drei Corpuscula (von denen zwei befruchtet scheinen) nebst dem unteren Theile des Pollenschlauches (Längsdurchschnitt eines Eyweisskörpers am 28. Juli). Vgr. 300.

13—17. Aehnliche Präparate, verschiedene Entwickelungsstufen der Vorkeime zeigend, in gleicher Vergrösserung.

18. Eine frei präparirte Gruppe zum grösseren Theile befruchteter Corpuscula. Vgr. 300.

19. Obere Hälfte eines längsdurchschnittenen Eyweisskörpers. Man sieht drei befruchtete Corpuscula und die verschrumpfenden Reste des Pollenschlauchs (am 31. Juni). Vgr. 60.

20. Vorkeim, der aus drei Längsreihen von Zellen besteht.

21. Längsdurchschnitt eines befruchteten Eychens (das Integument ist in der Zeichnung weggelassen). Die punktirte Linie im Eyweisskörper deutet die Grenzen der Region an, in welcher die Gewebezellen desselben aufgelockert und zum Theil verflüssigt sind. Die Entwickelung der Embryonen dieses Präparats entspricht ungefähr der des f. 23 besonders dargestellten (Anfang August). Vgr. 30.

22. Unteres Ende einer der vereinzelten Längsreihen von Zellen eines Vorkeims mit der noch ungetheilten Mutterzelle des Embryo. Vgr. 150.

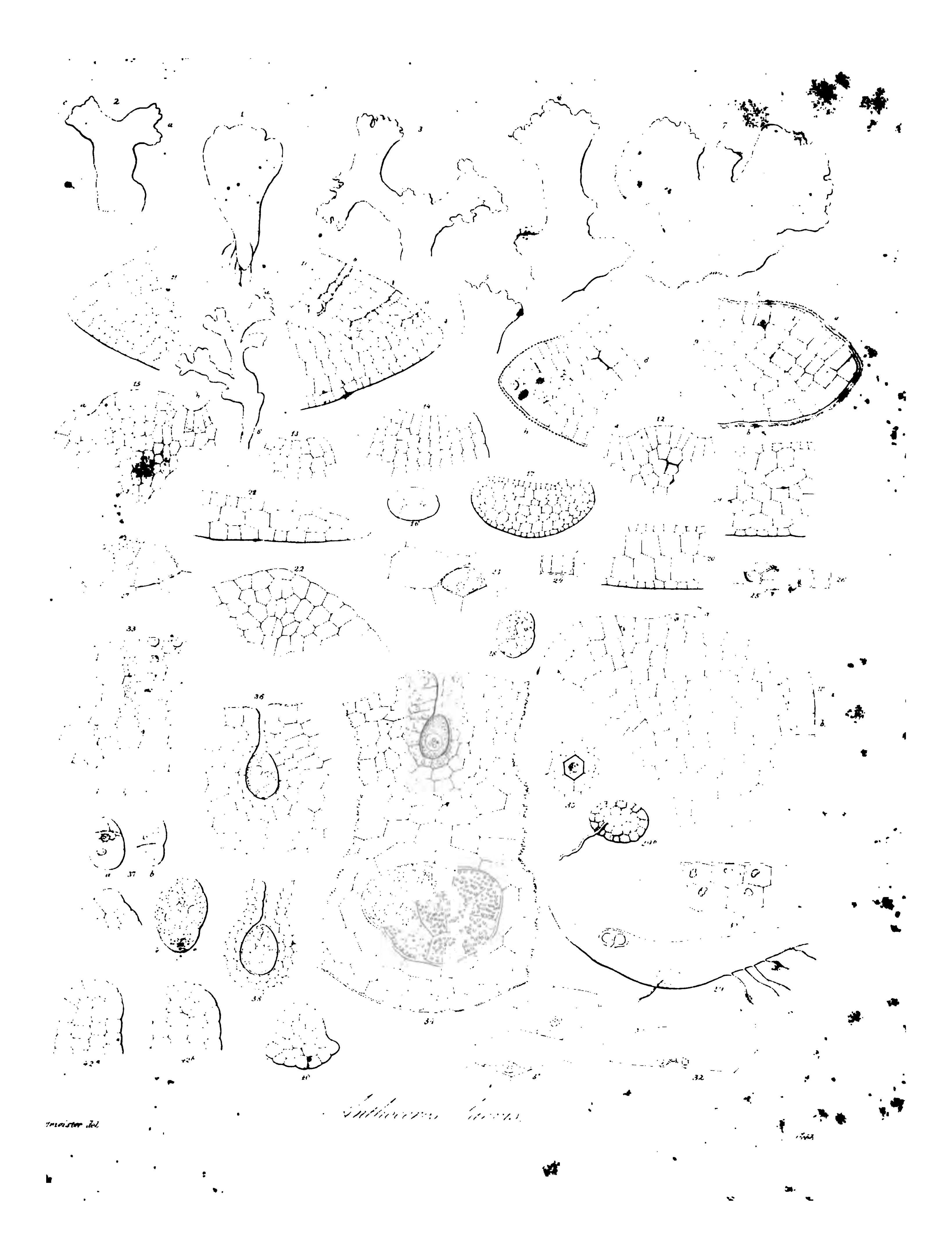
23. Ein ähnliches Präparat, mit weiter entwickeltem Rudiment des Embryo. Vgr. 200.

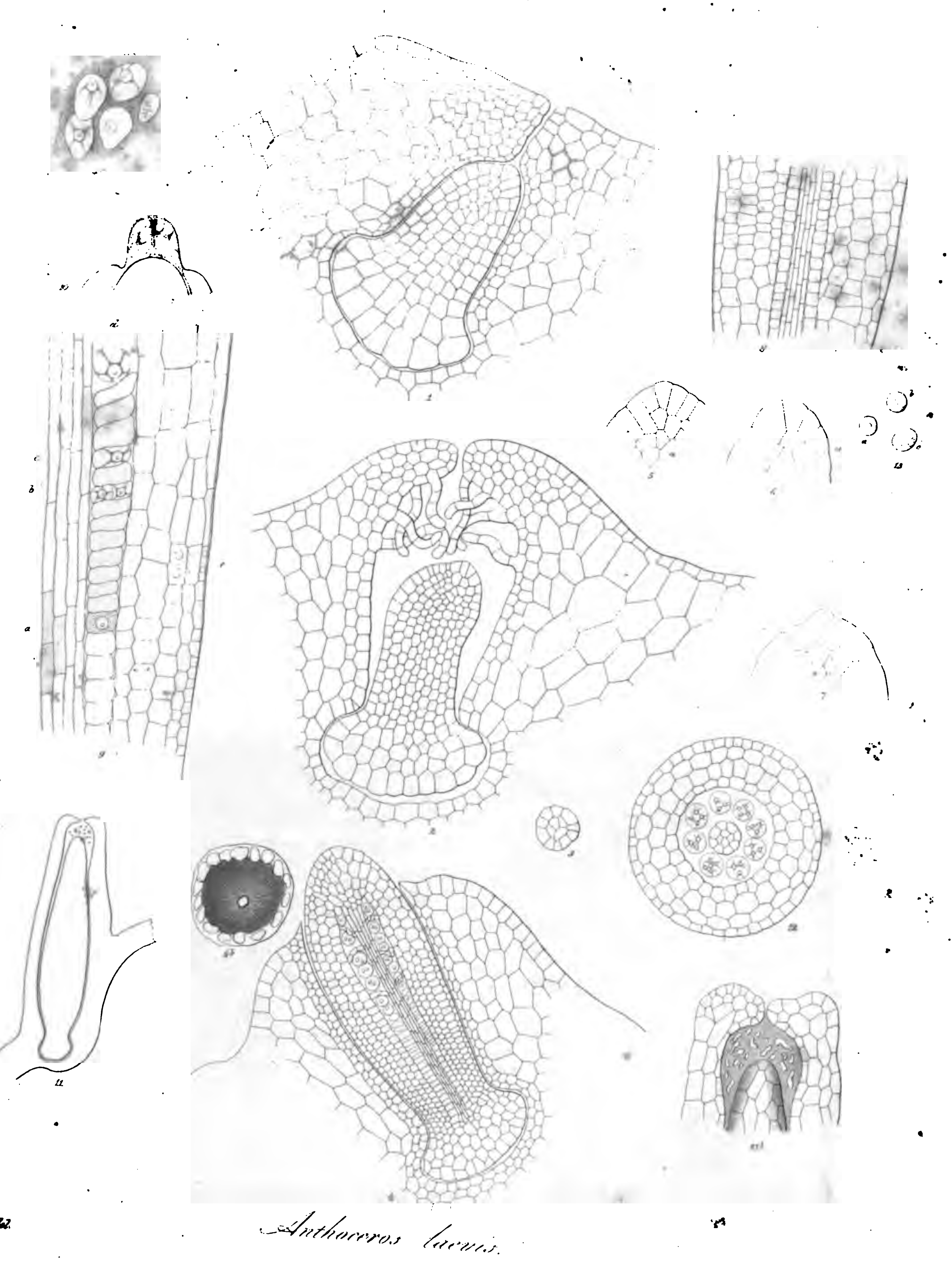
24. Ein ähnliches Präparat, unter gleicher Vergrösserung. 24[b]. Dasselbe, um 90° gedreht.

25. 26. Längsdurchschnitte der Gruppen von Corpusculis der Cupressus pyramidalis; 25 Mitte August, Vgr. 200; 26 Ende August. Vgr. 300.

27. Eykern der Thuja occidentalis im Längsdurchschnitt, Mitte Mai. Vgr. 120.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

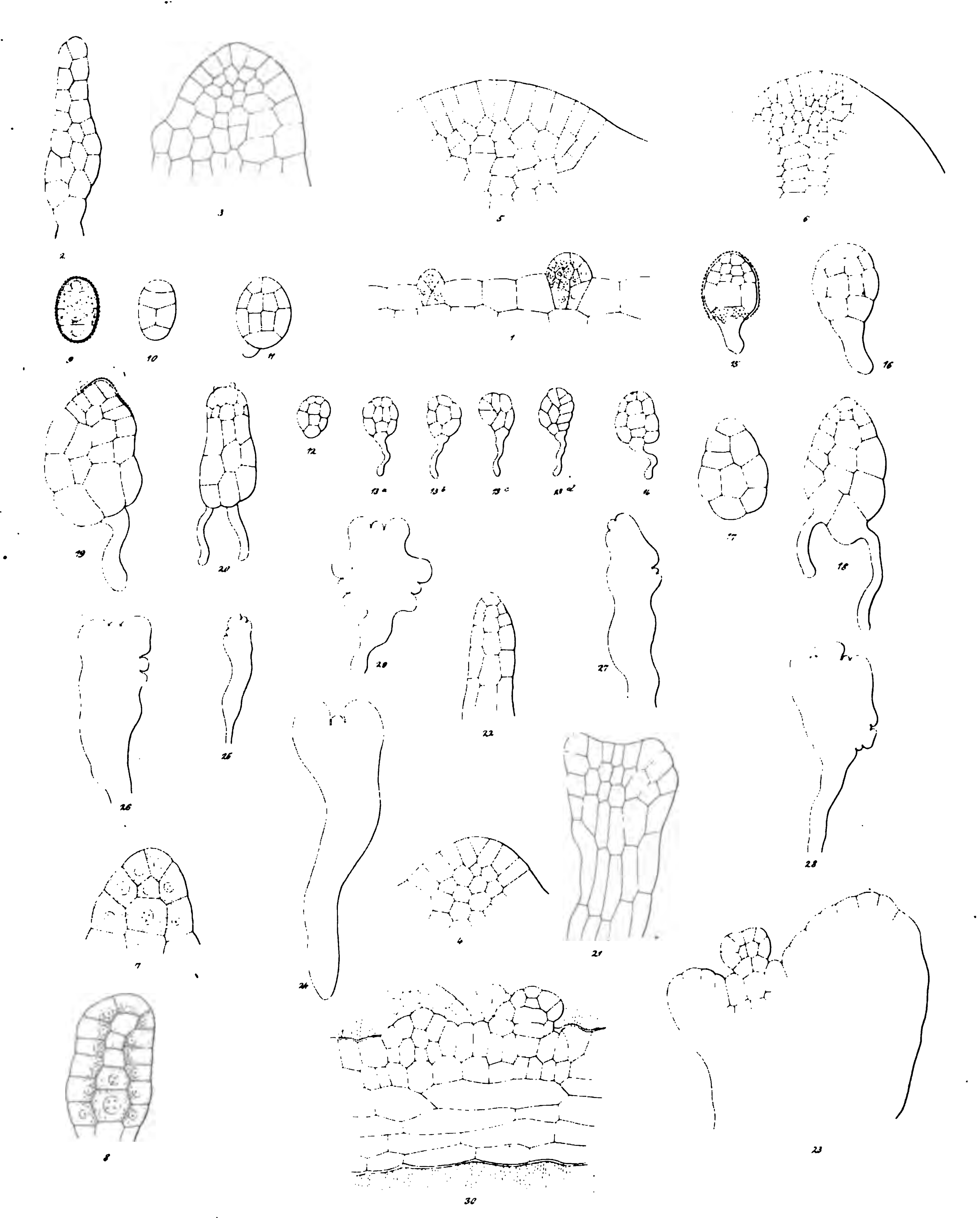




Anthoceros laevis.

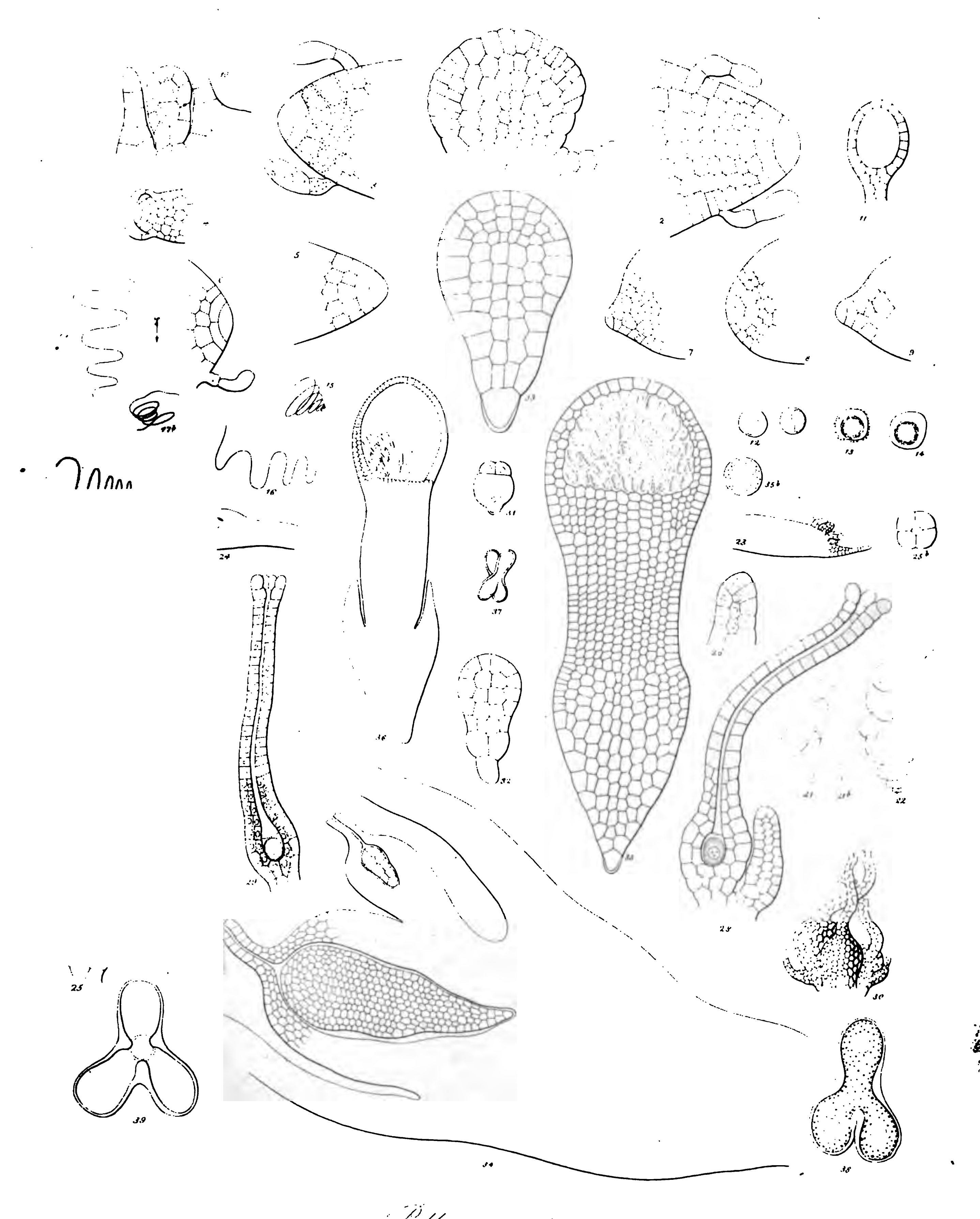


Anthoceros punctatus and laevis.



Metzgeria furcata. *Pellia epiphylla.*

W. Hofmeister del. A. Gebhart sc.

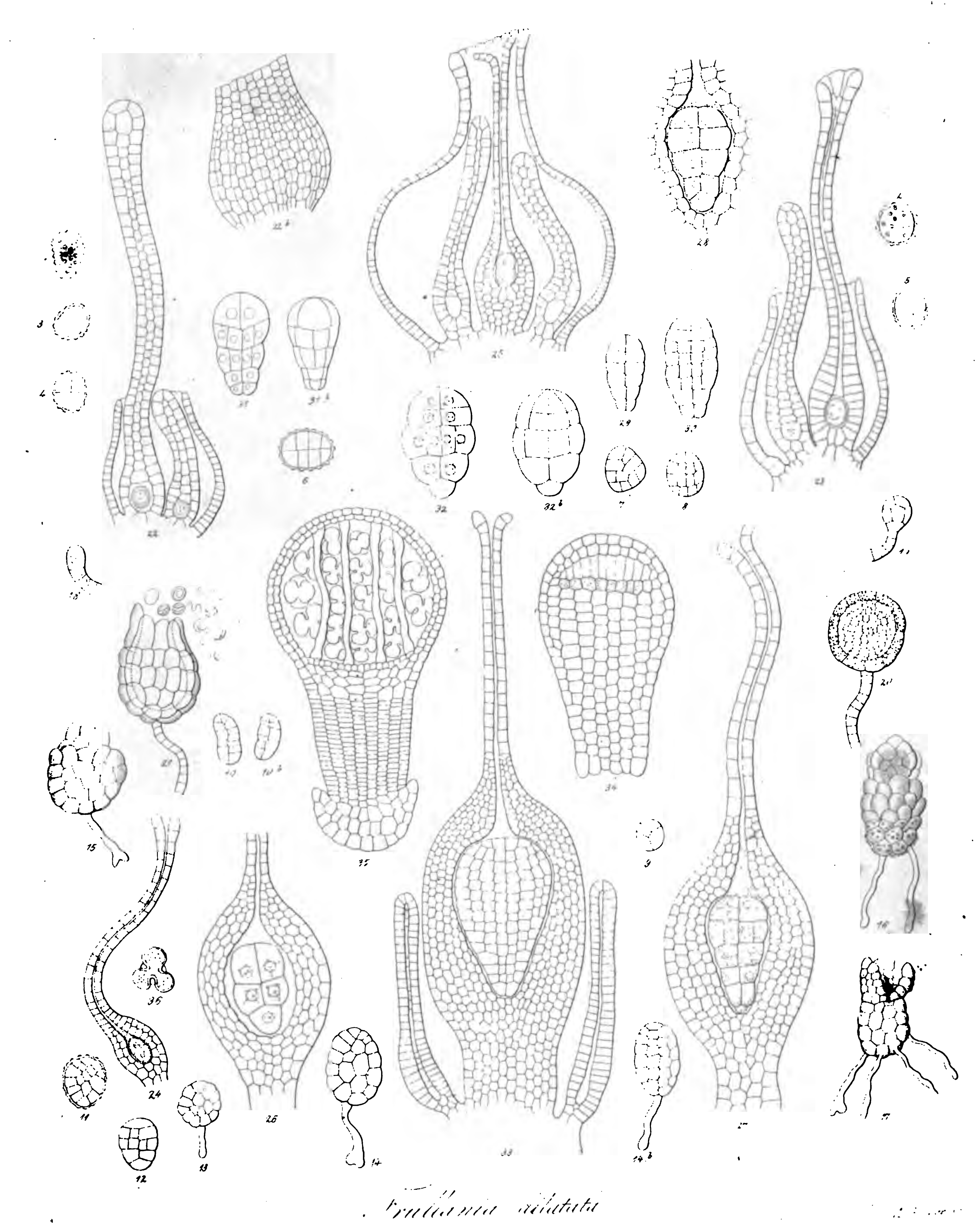


Hofmeister del.

Pellia epiphylla.

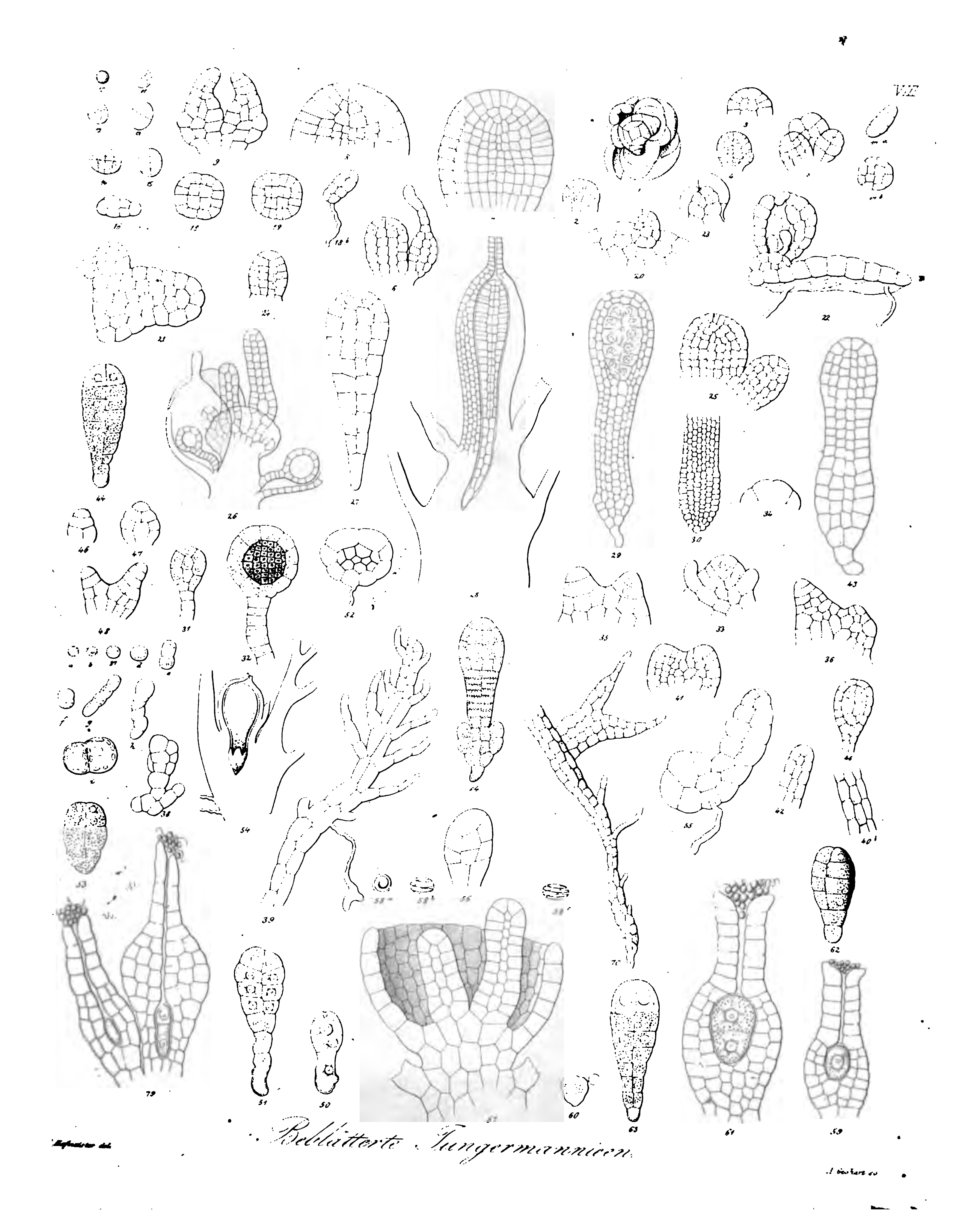
A. Gebhart sc.





Frullania dilatata

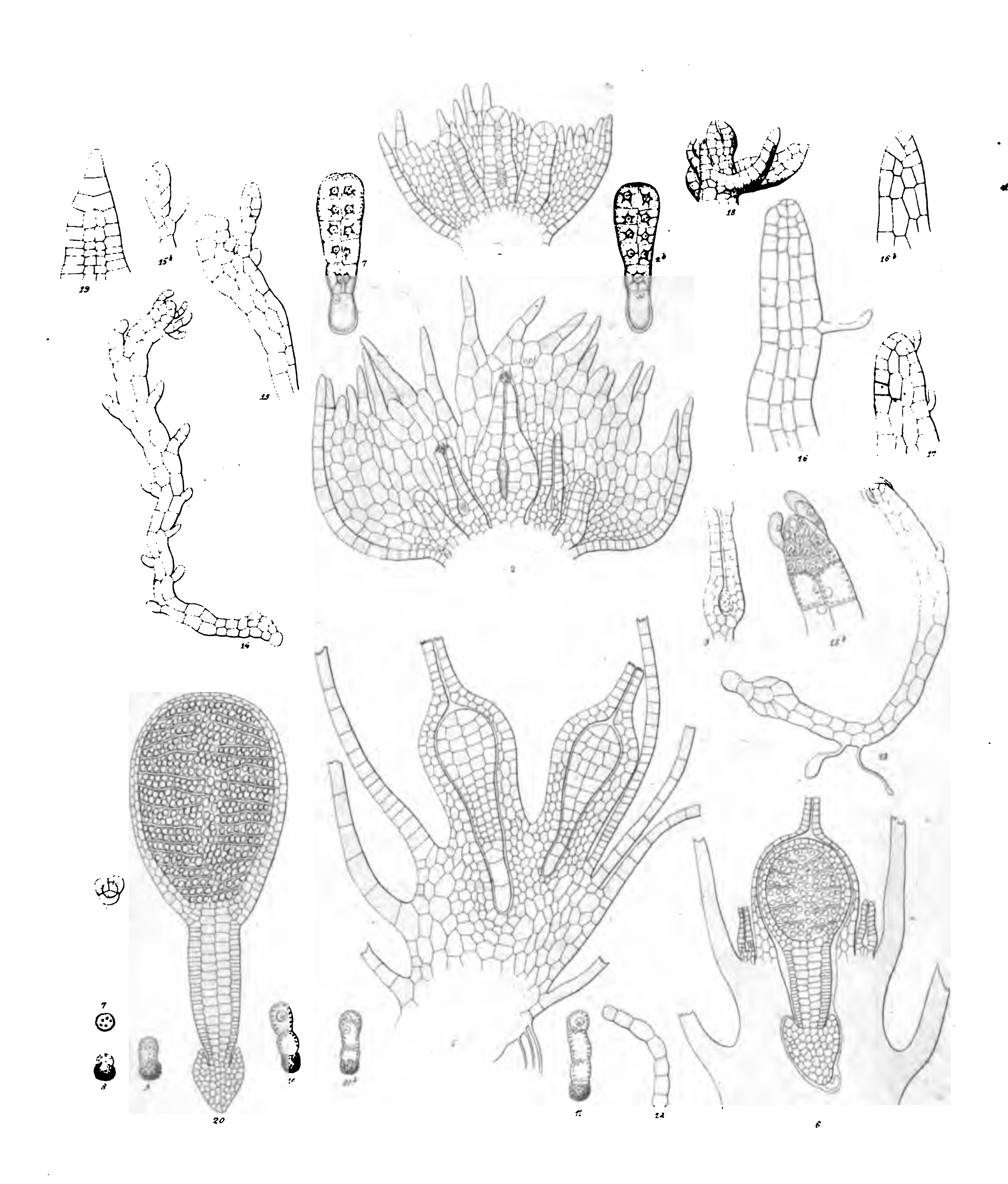
W. Hofmeister del.



Beblätterte Jungermannieen.

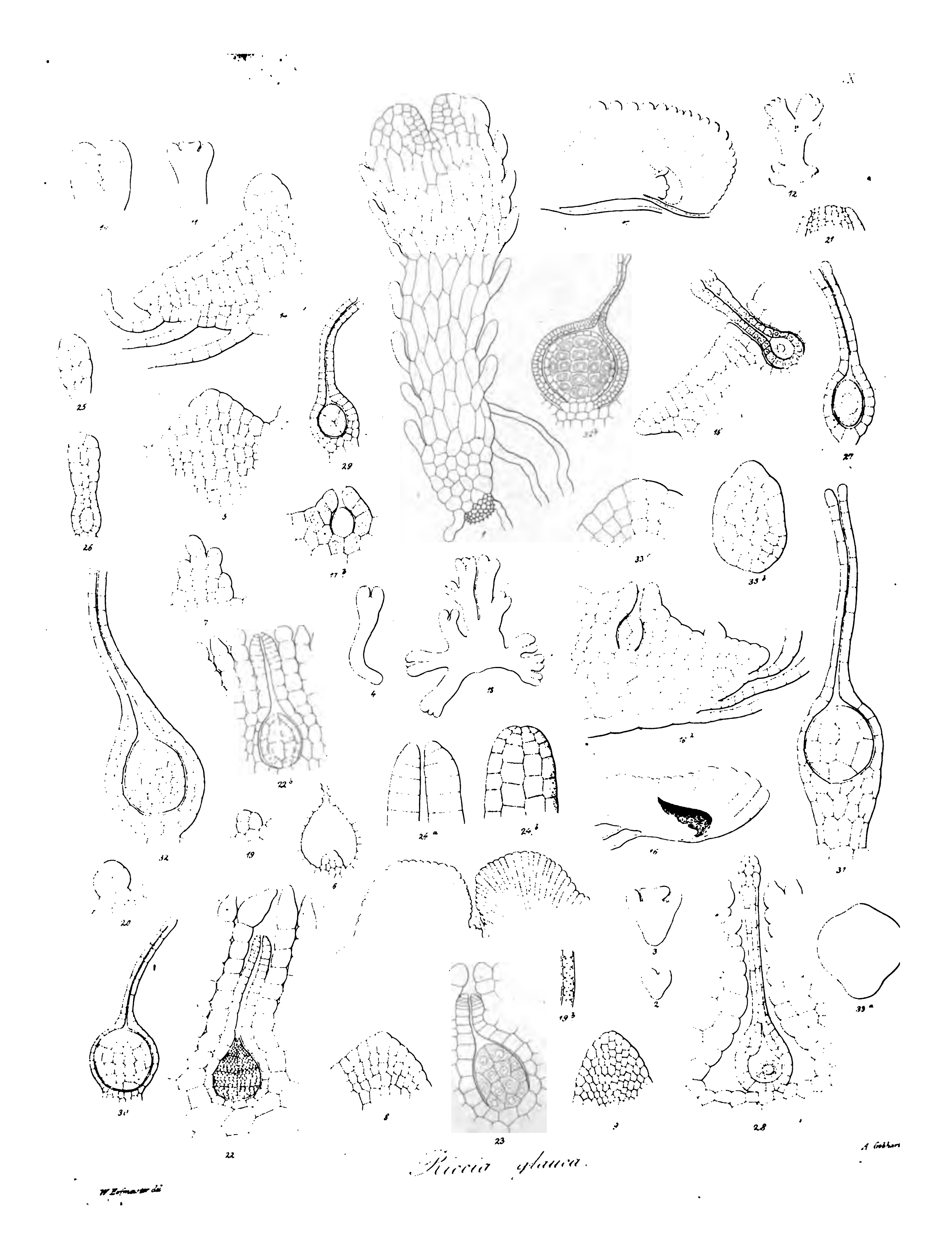
Hofmeister del.

J. ... sc.



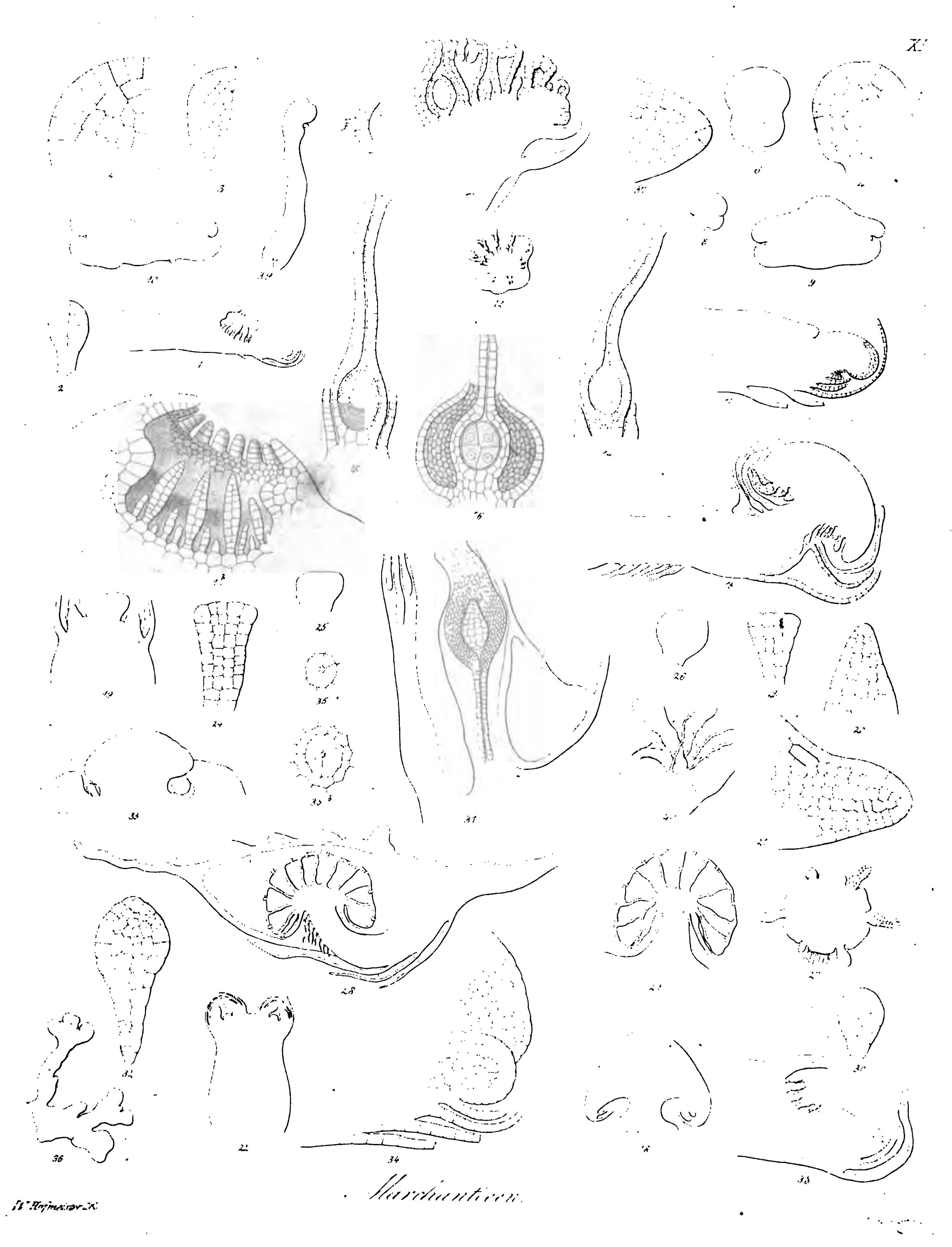
Jungermannia bicuspidata u. trichophylla

E. Hofmeister del.



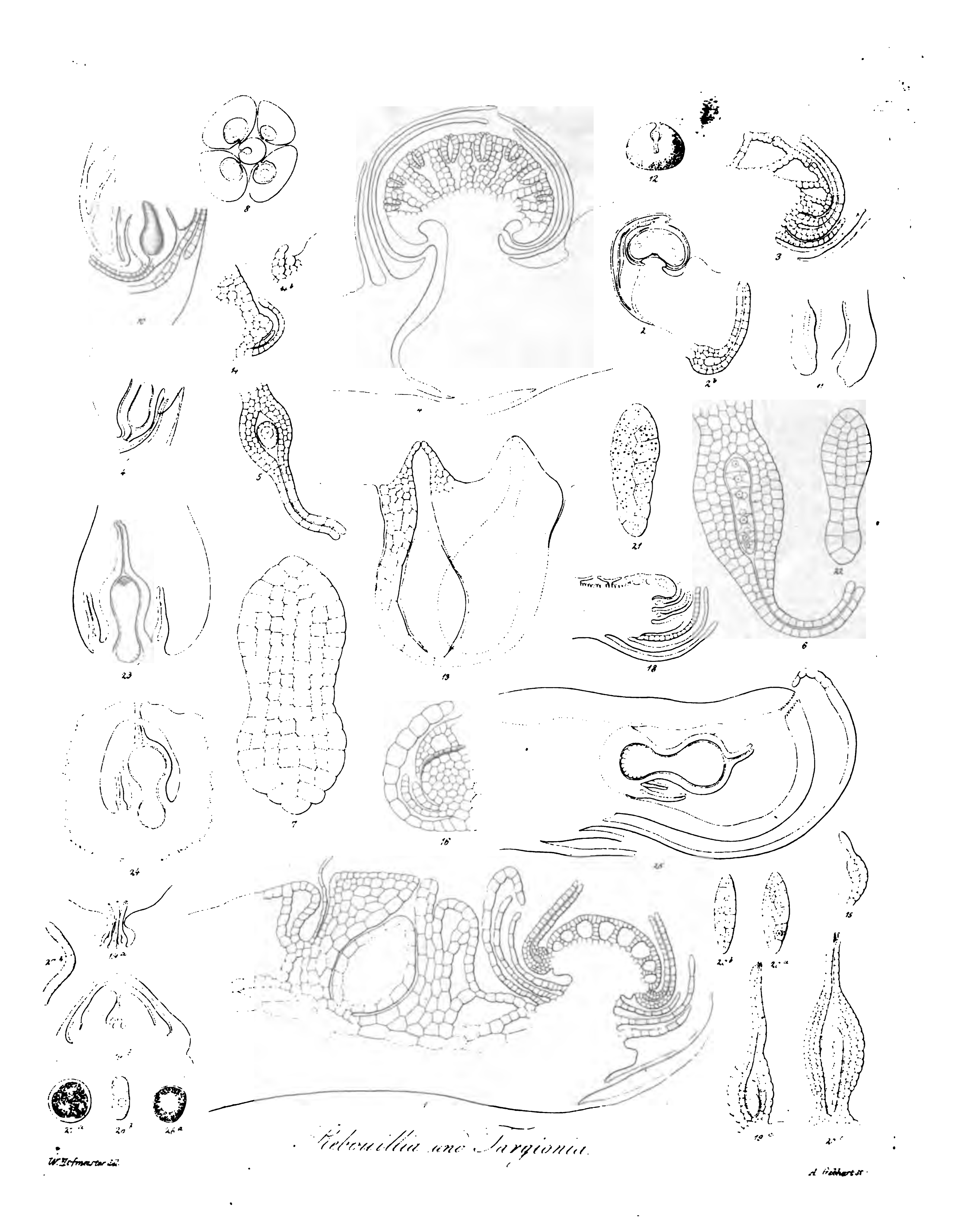
Riccia glauca.

W. Zimmermann del. A. Gebhard



Marchantieen.

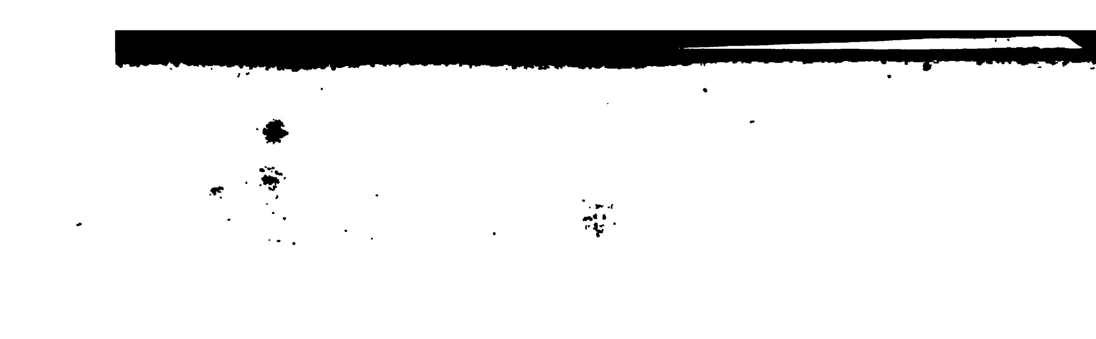


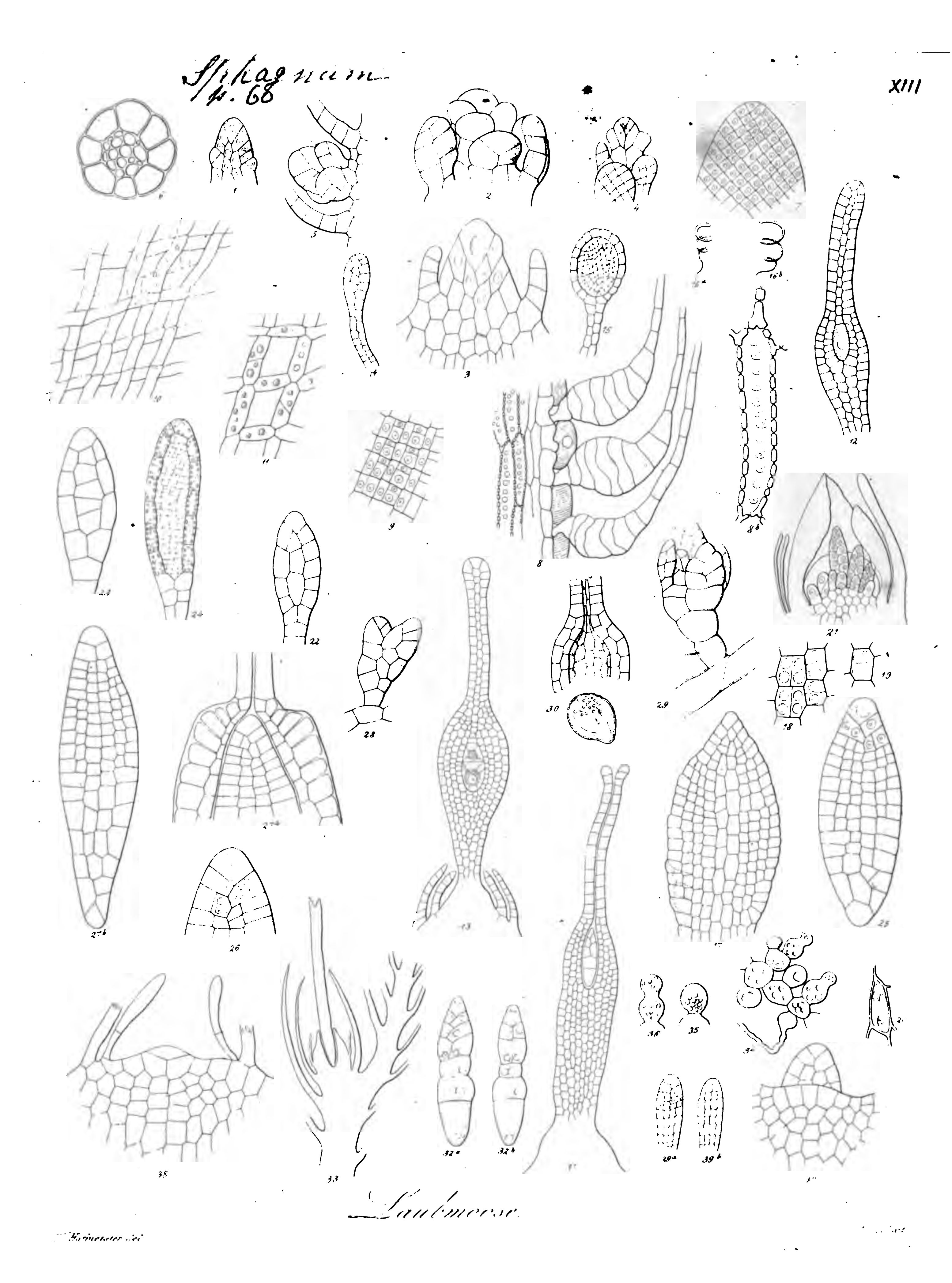


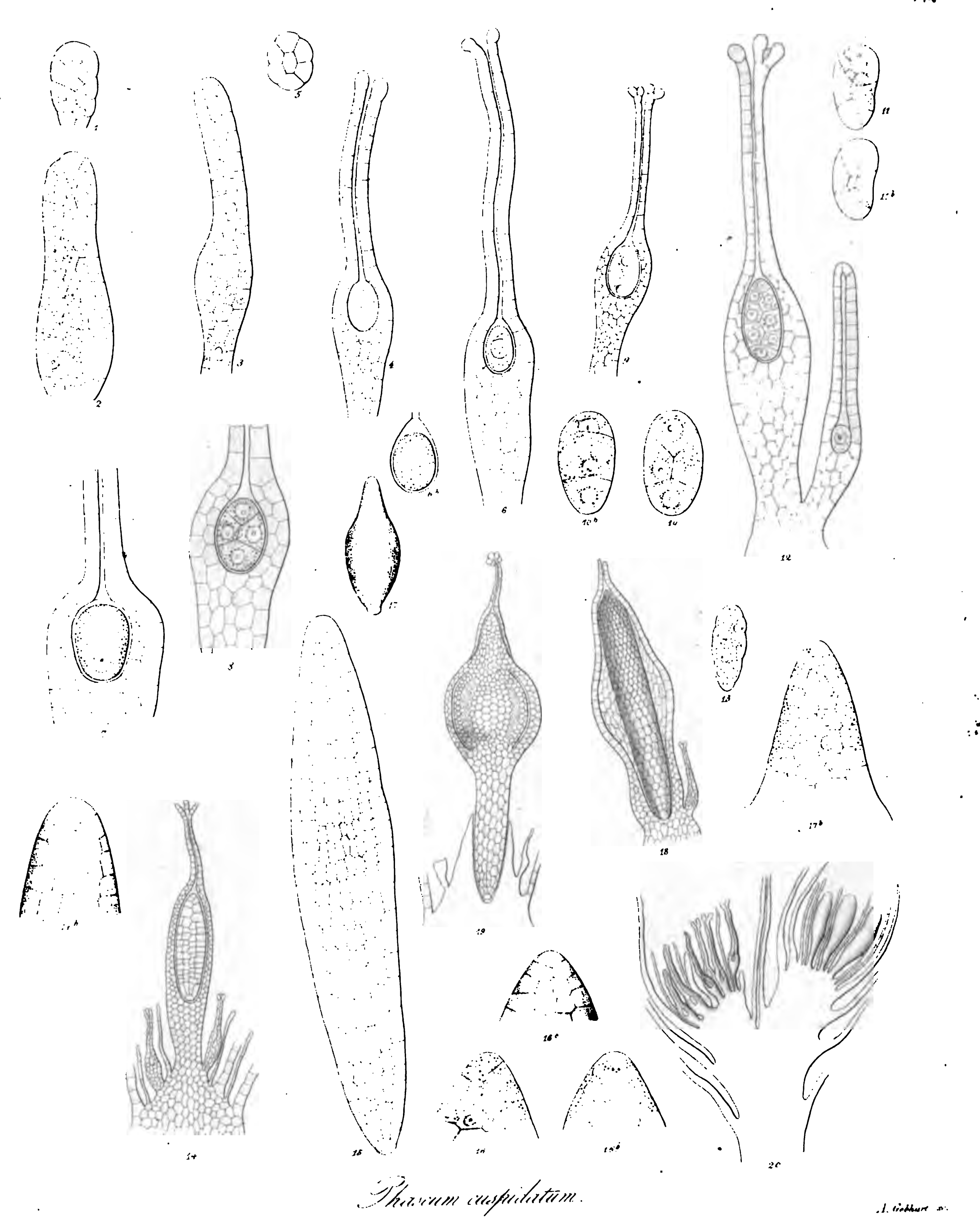
Rebouillia und Targionia.

W. Hofmeister del.

A. Gebhart sc.



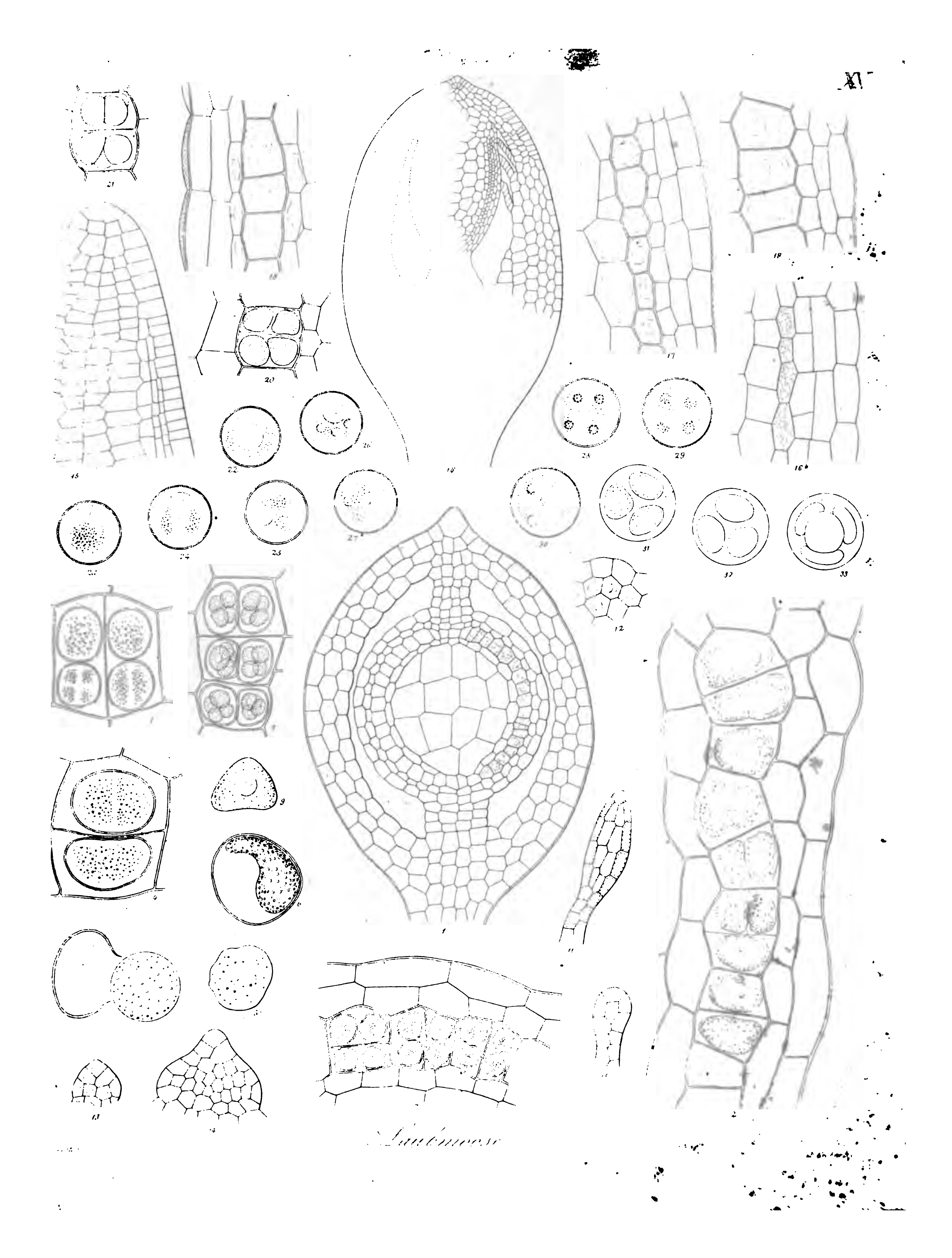

Sphagnum
p. 68
XIII
Laubmoose.



Phascum cuspidatum.

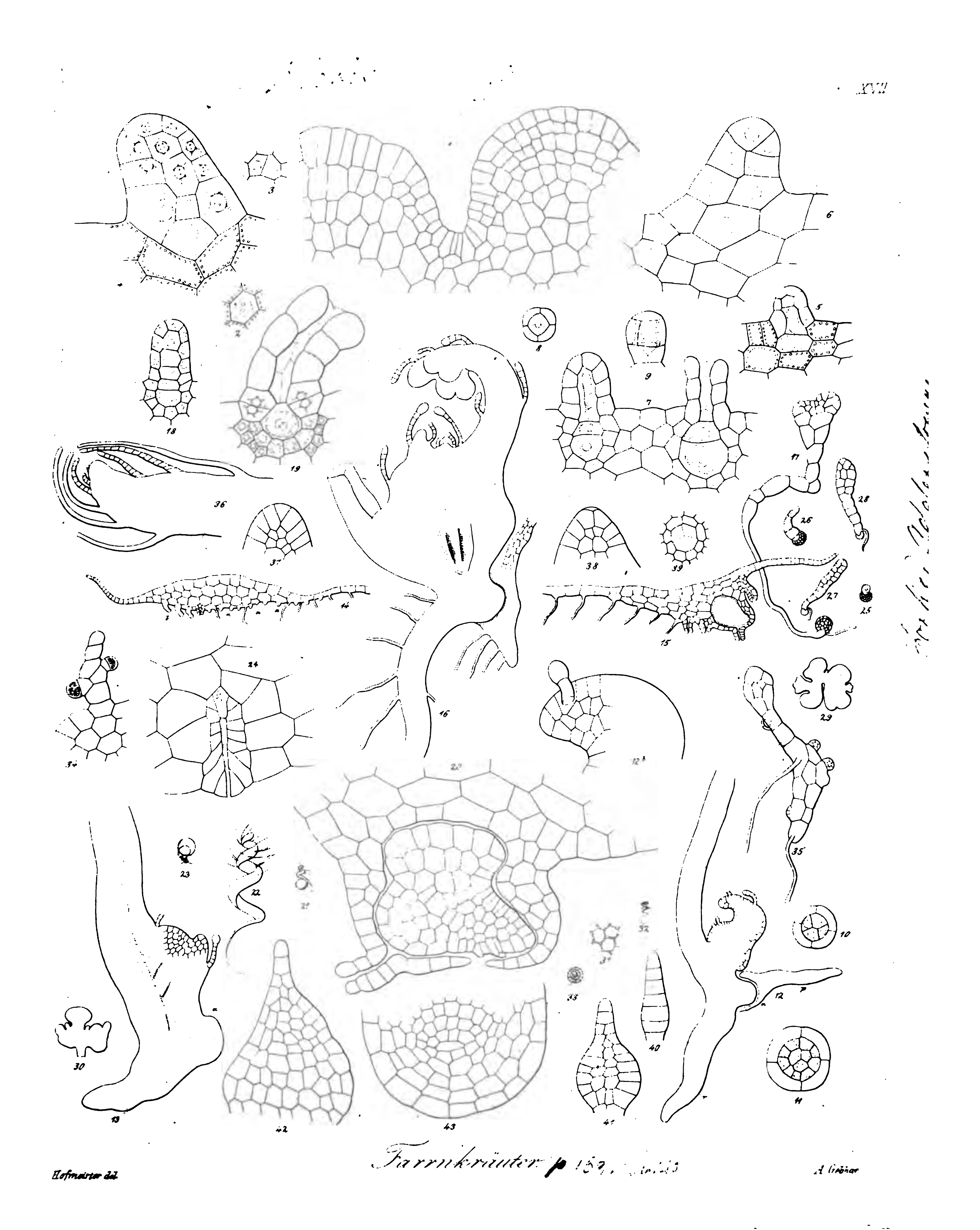
W. Hofmeister del.

A. Gebhardt sc.



Laubmoose

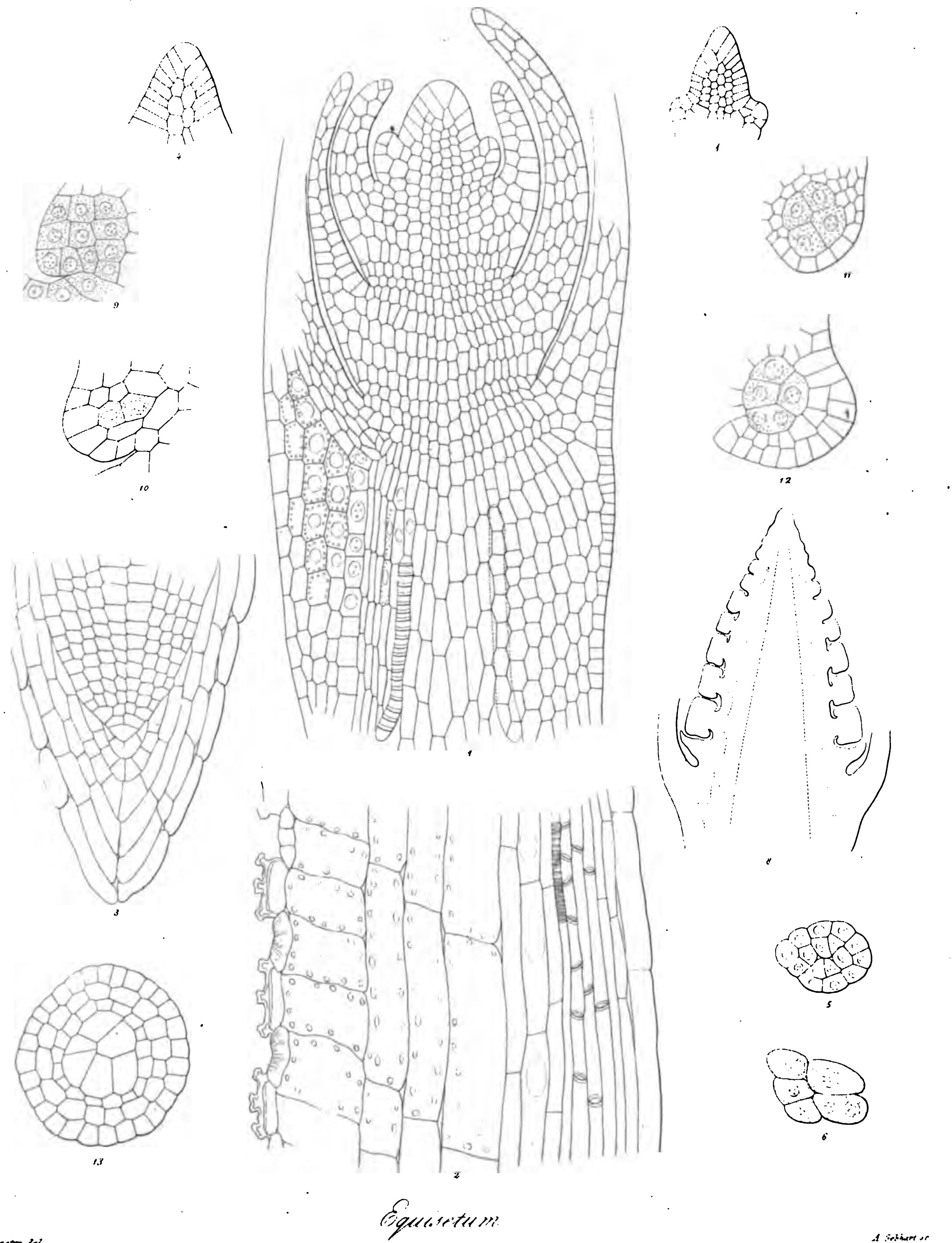

Hofmeister del.
1–9. Laubmoose. 10–28. Farrnkräuter.



Farrnkräuter p 157.

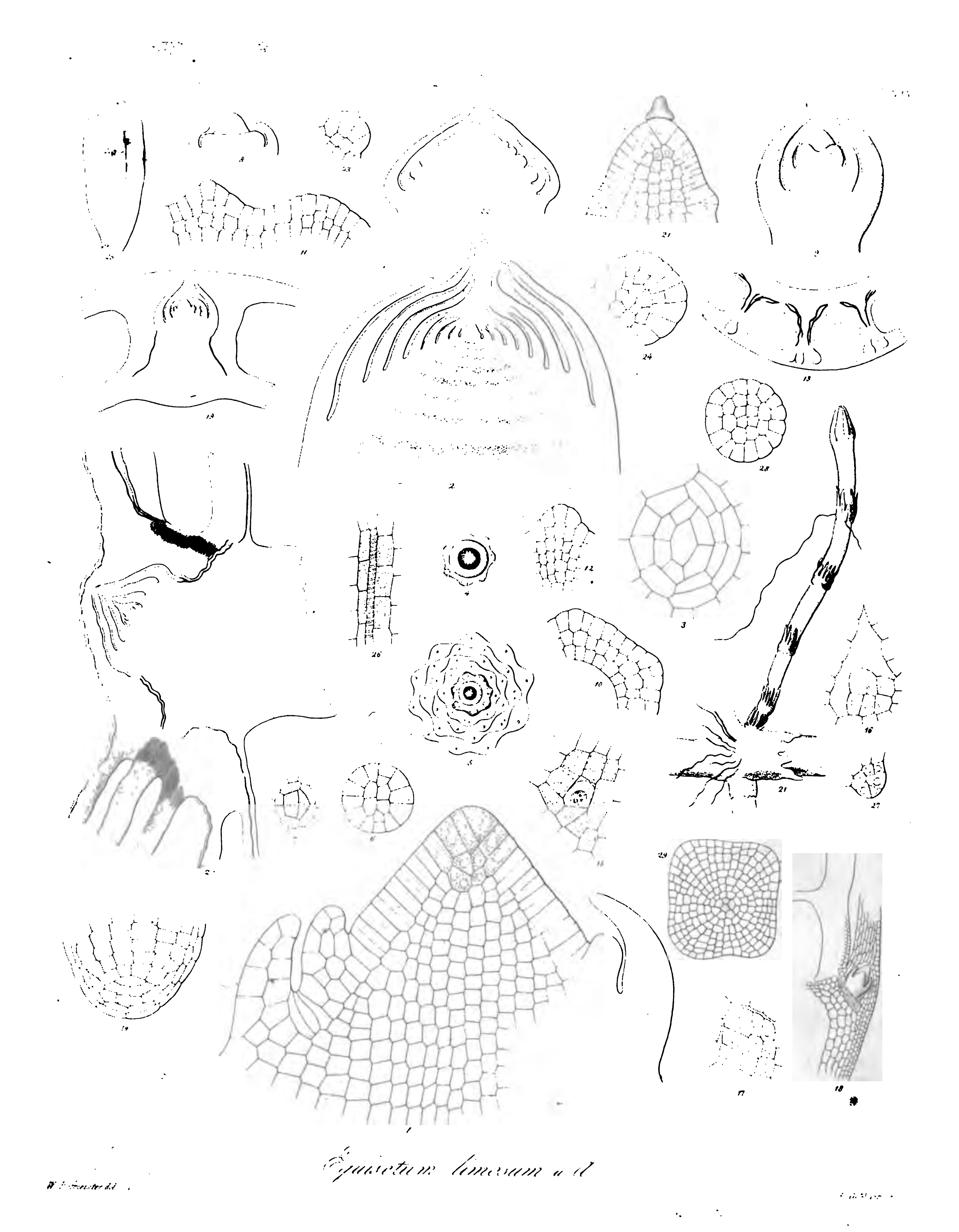
Hofmeister del.

A. Grahner



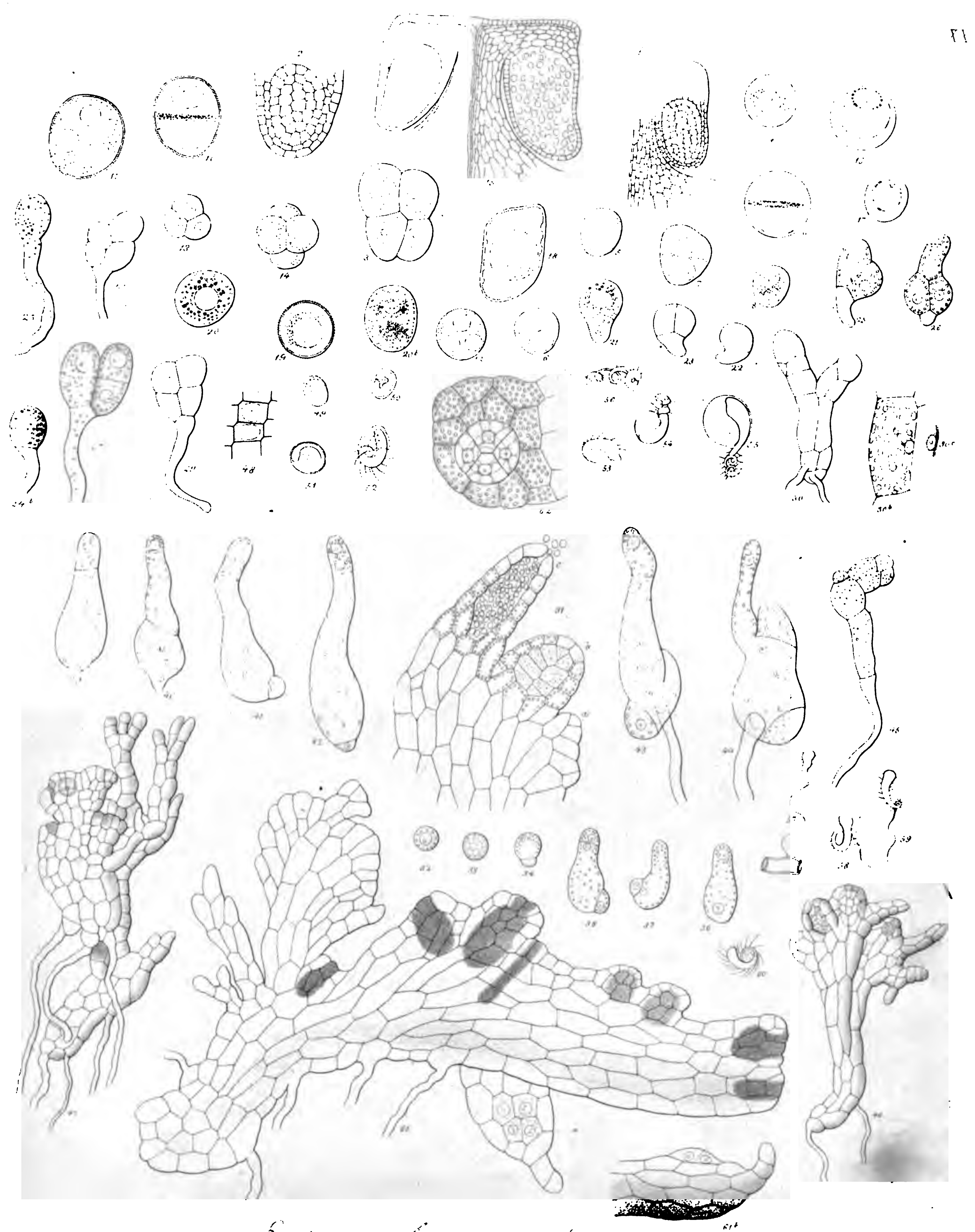
Equisetum.

W. Hofmeister del. A. Gebhart sc.

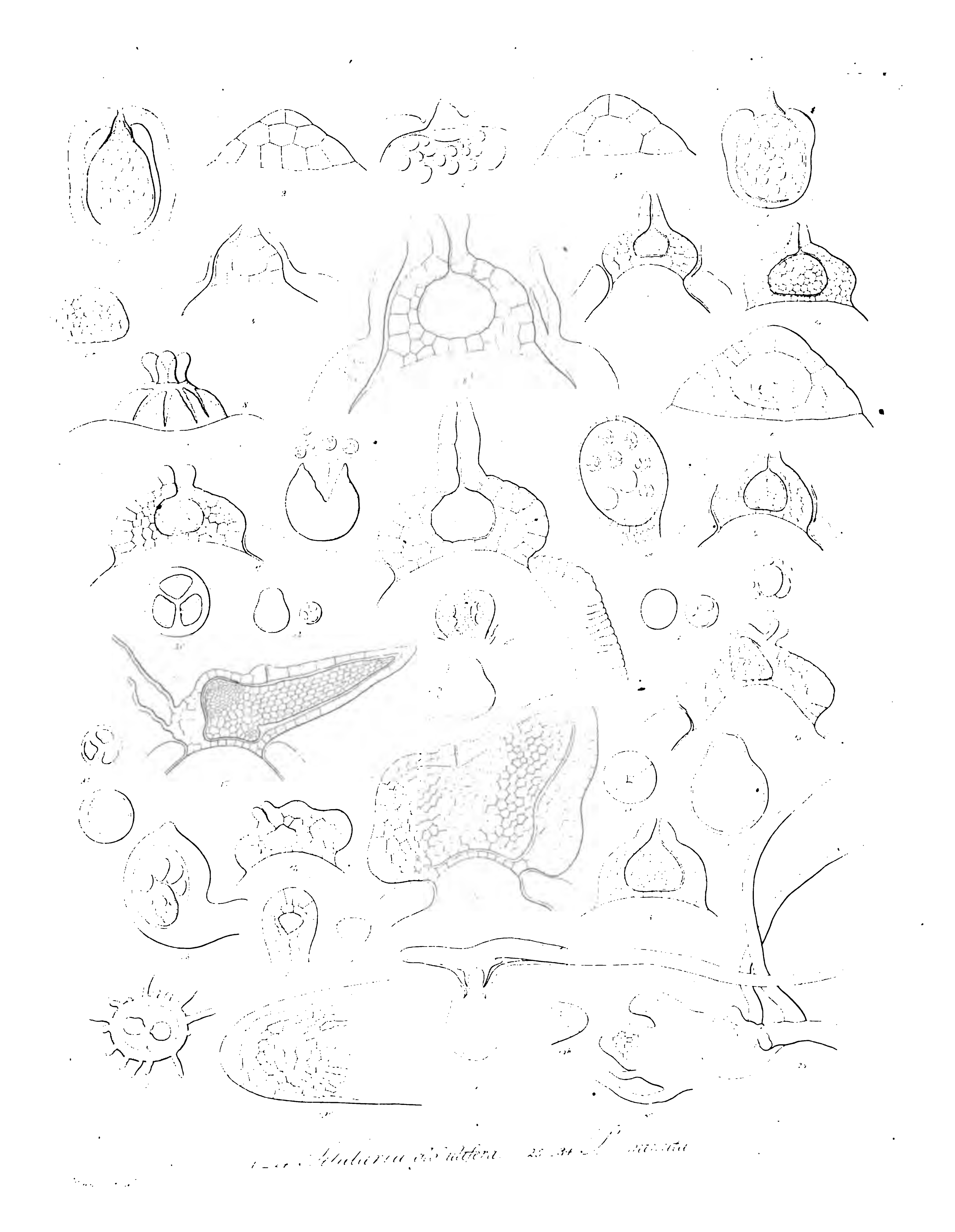


Equisetum limosum u. *d.*

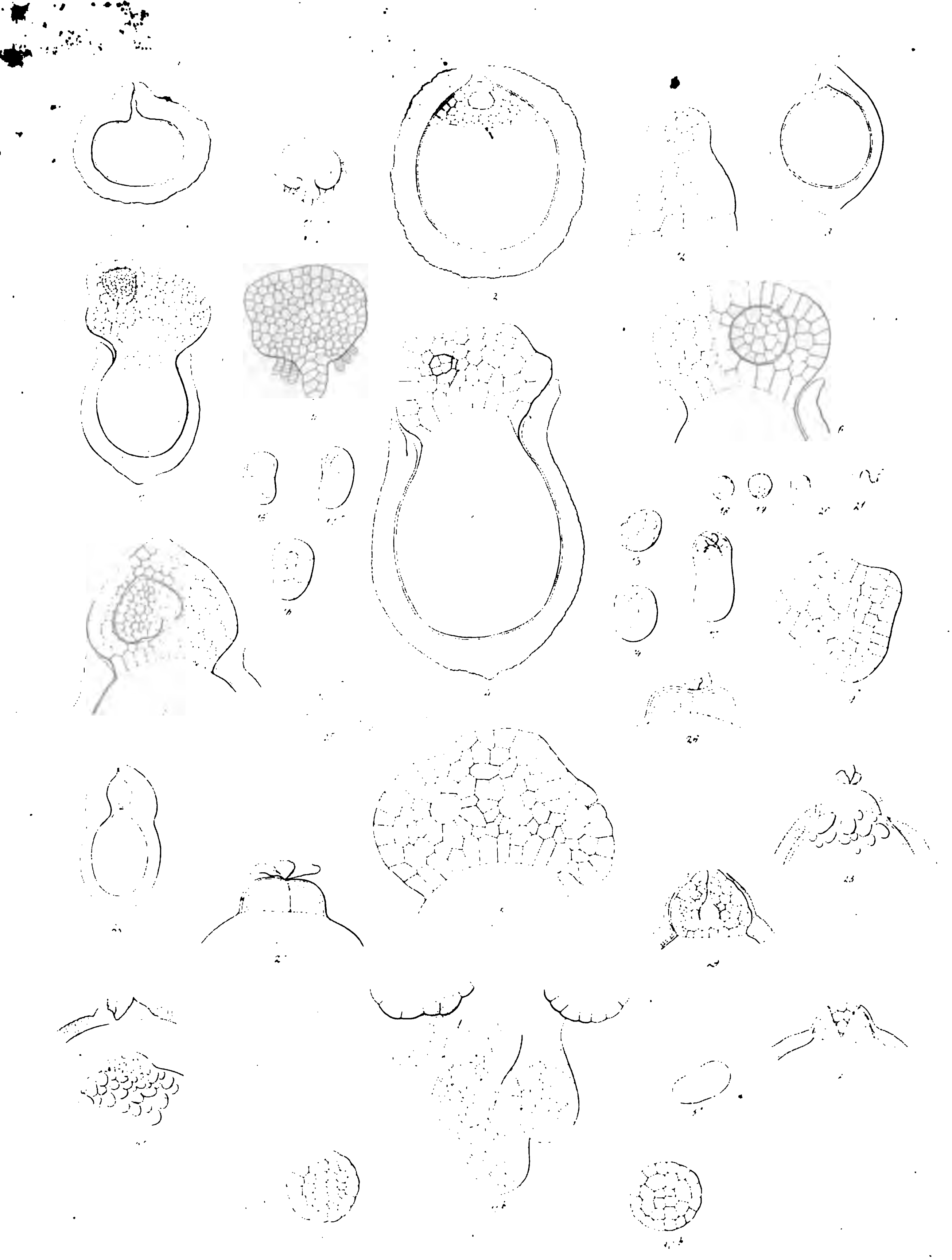
W. Hofmeister del.



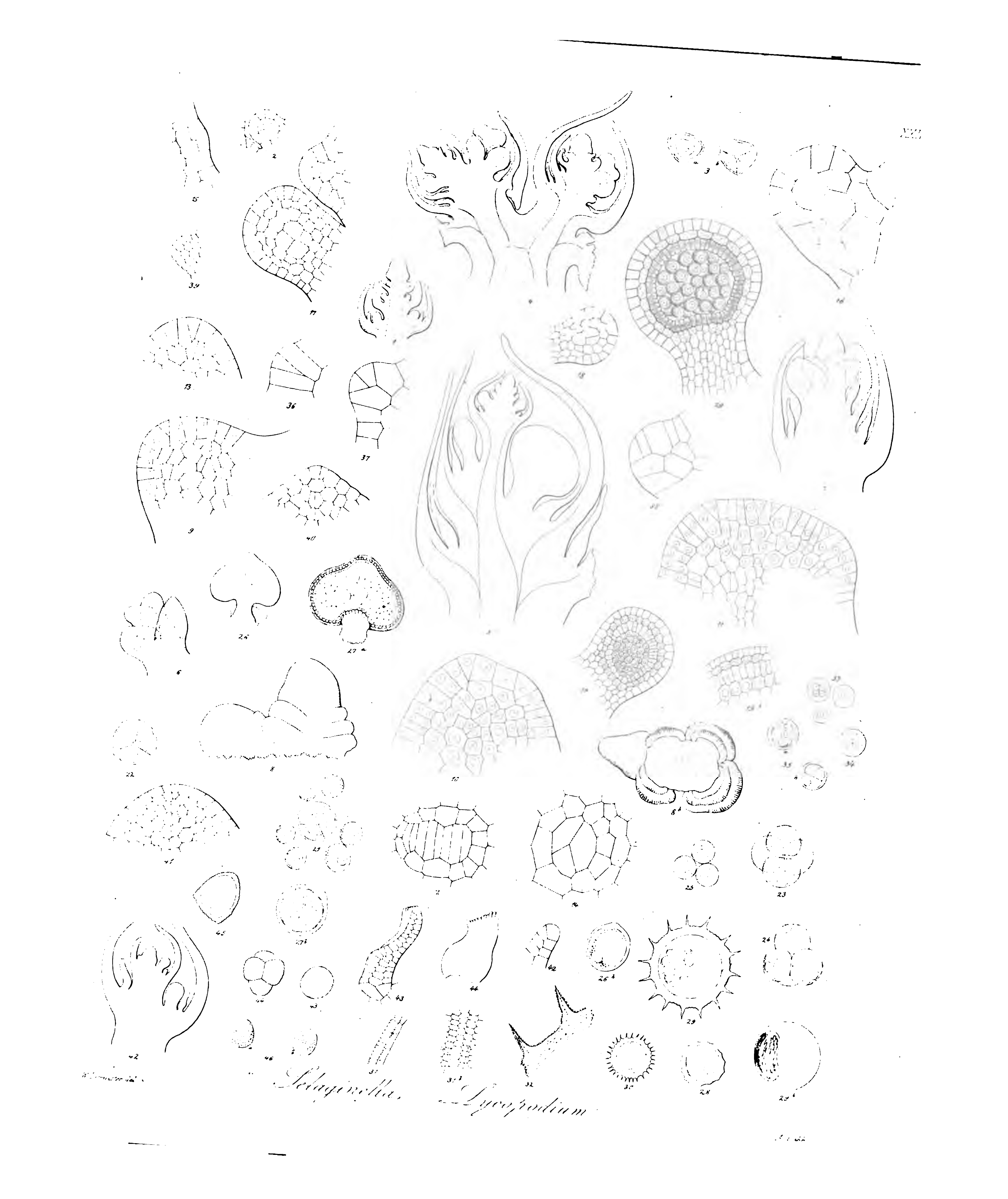
Equisetum limosum and arvense

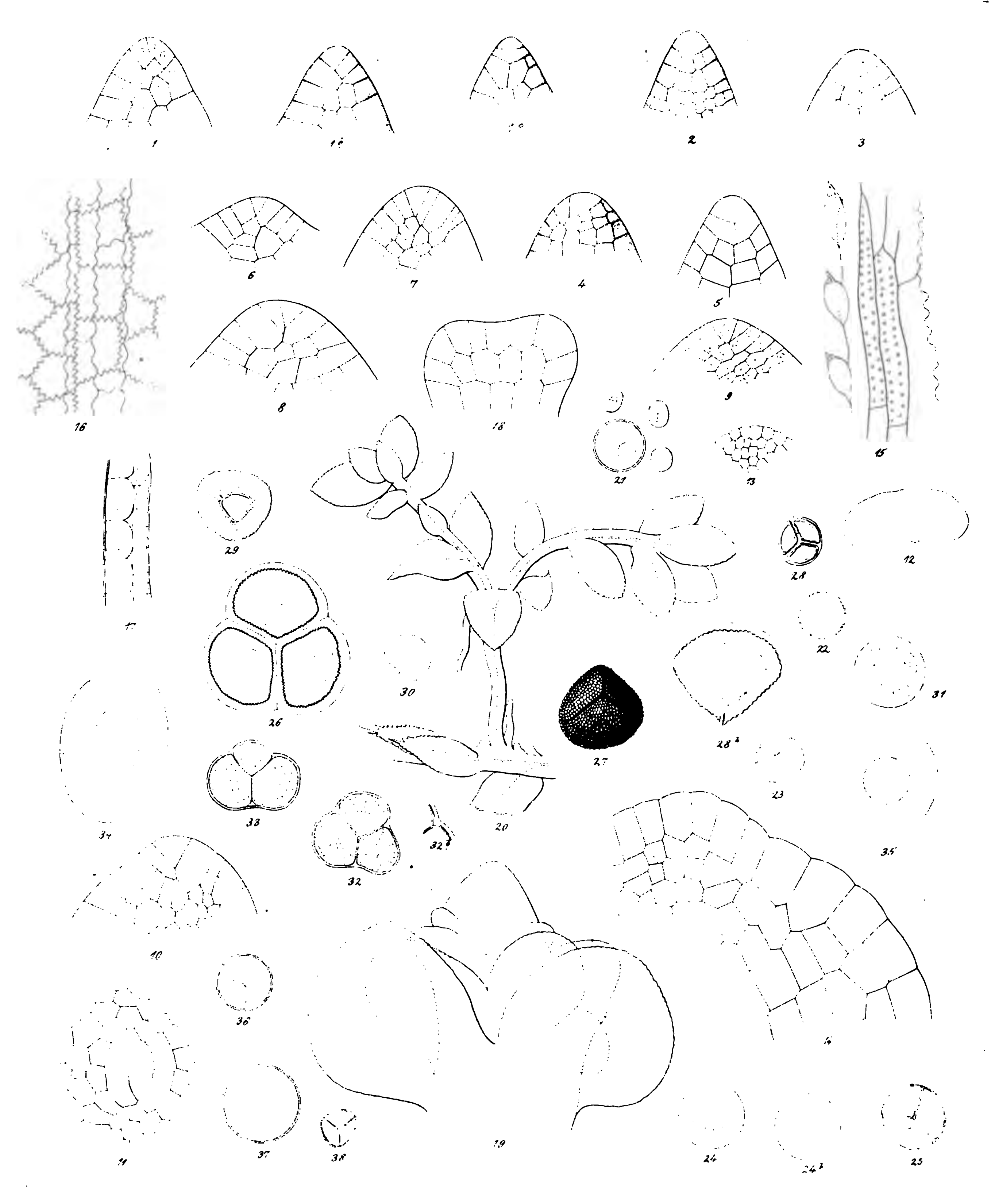


1–24 Alaria esculenta. 25–34



1_21. *Salvinia natans* 22_31. *Marsilea pubescens*


XXI
5
2
3
39
17
16
13
36
37
18
20
9
40
22
26
27
6
8
10
41
25
2
14
25
23
45
27
43
44
42
26
29
24
42
46
31
32
30
28
29
33
35
34
8
Selaginella, Lycopodium

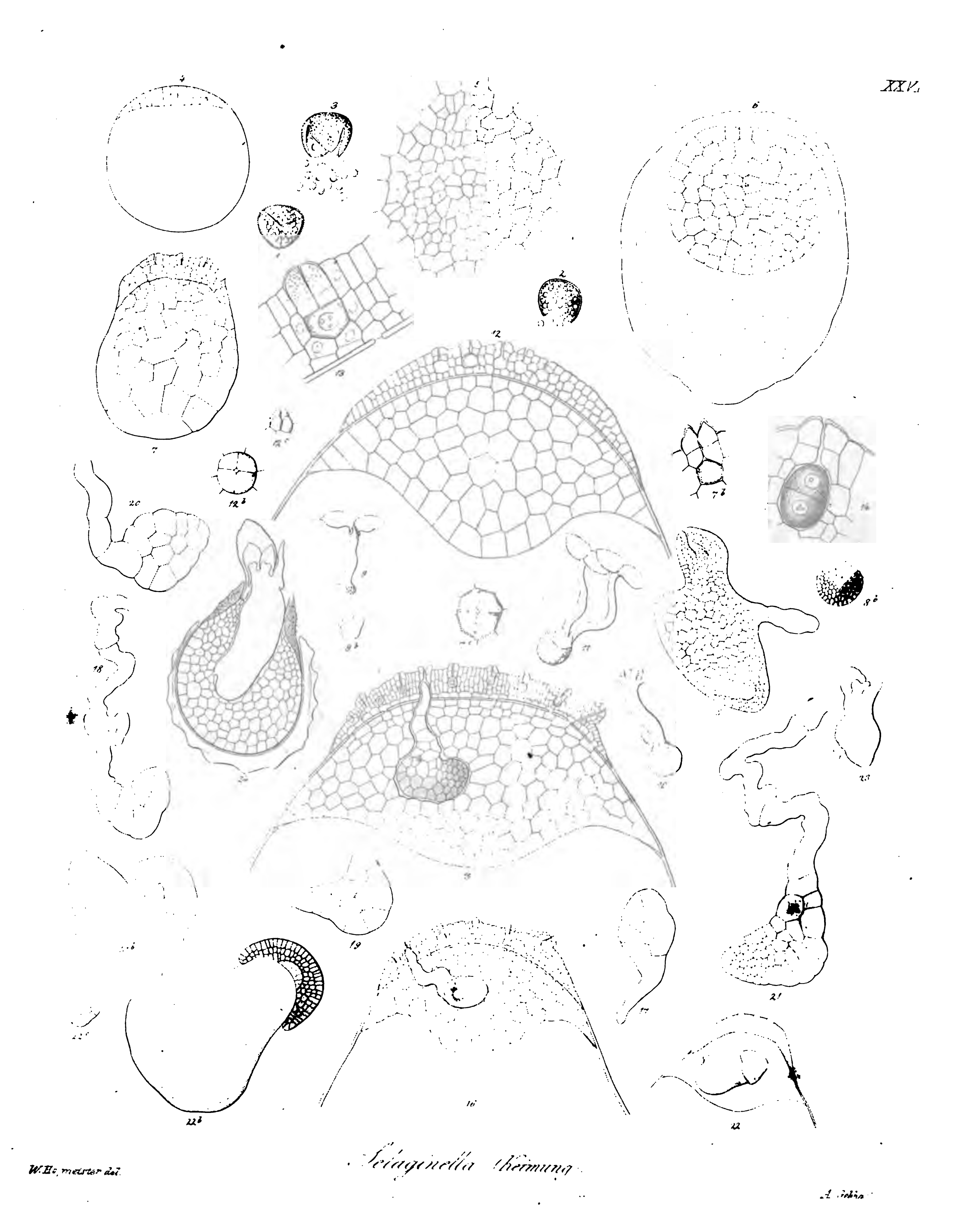


Selaginella

W. Hofmeister del.

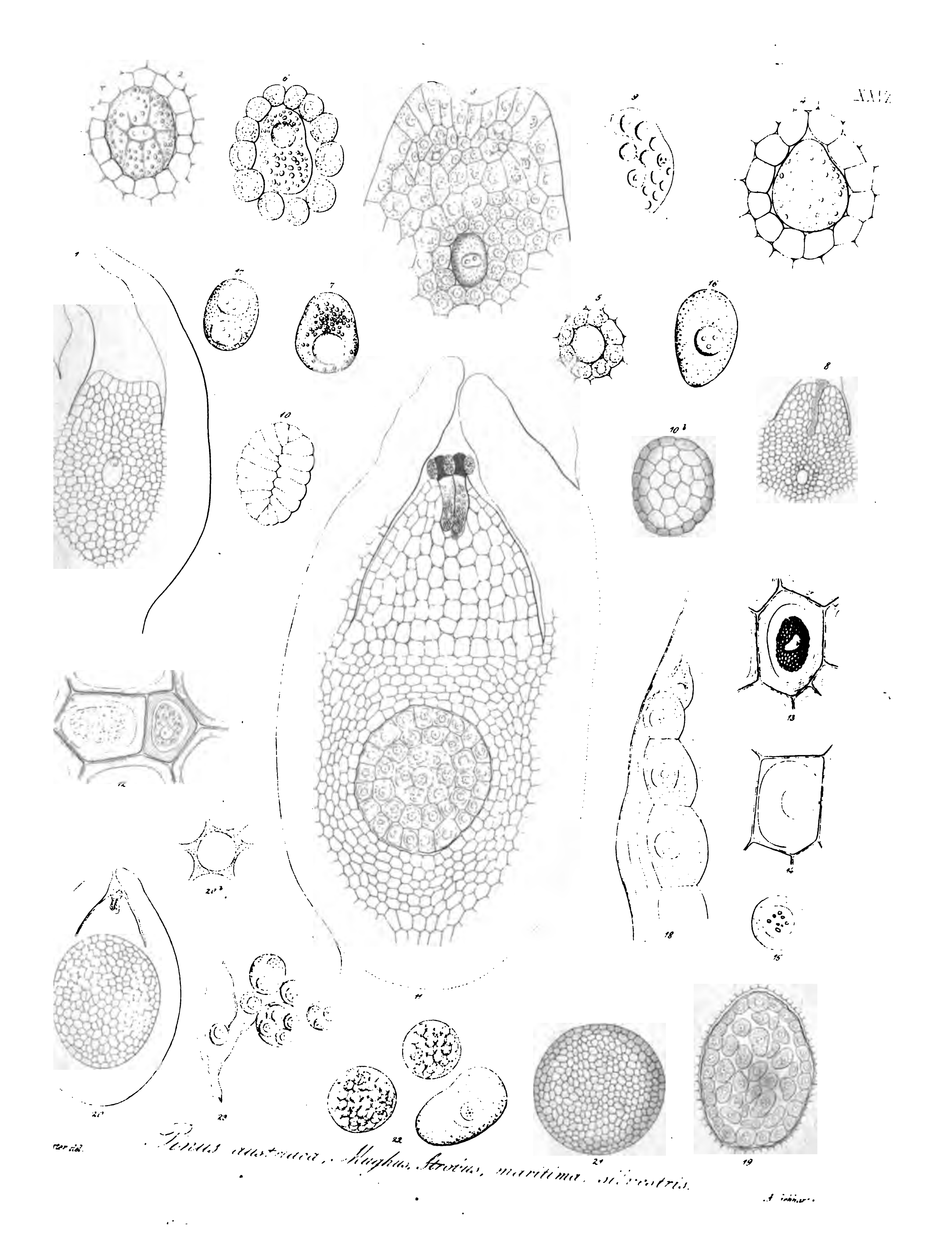


Selaginella Galeottii.

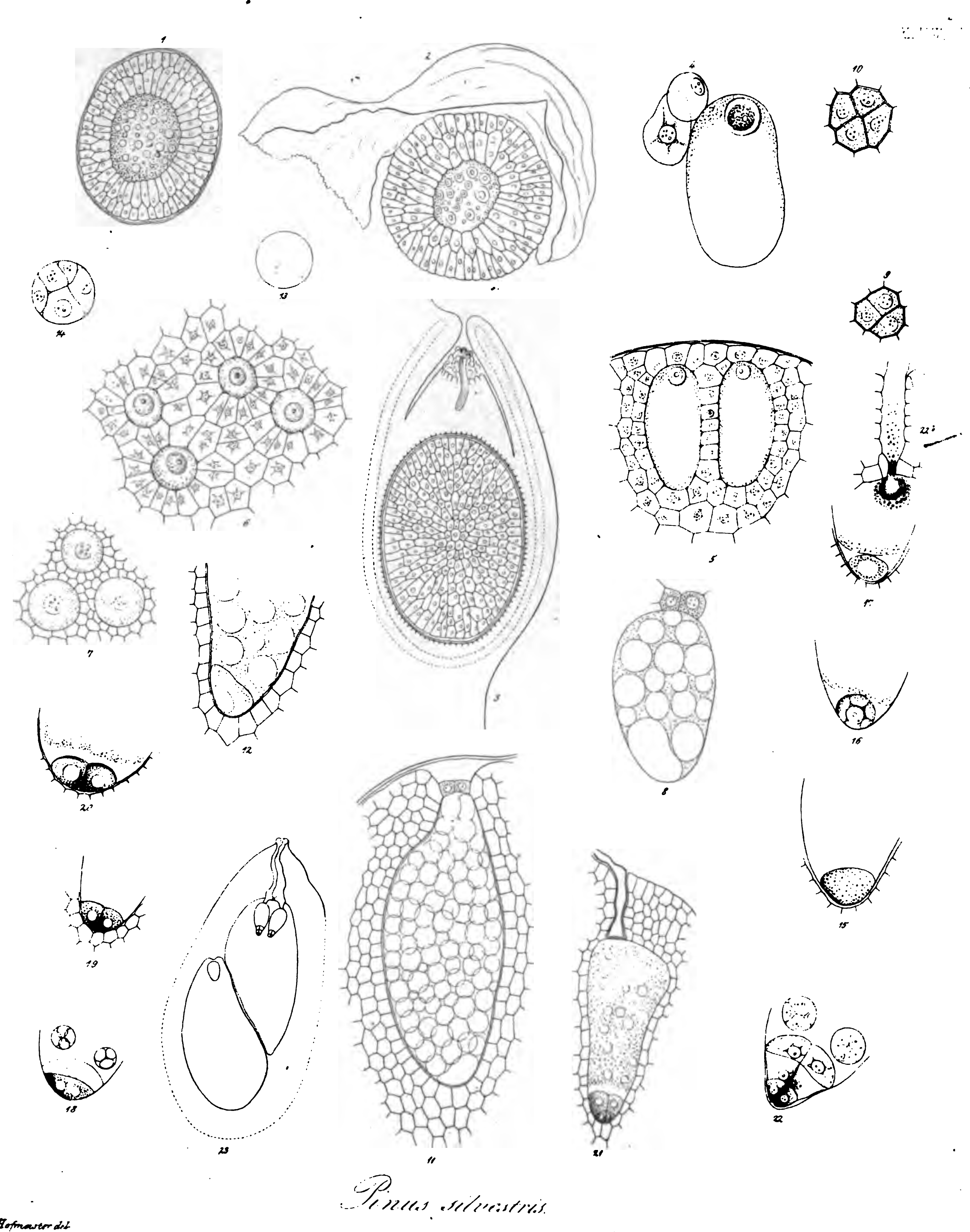


Selaginella Keimung.

W. Hofmeister del.



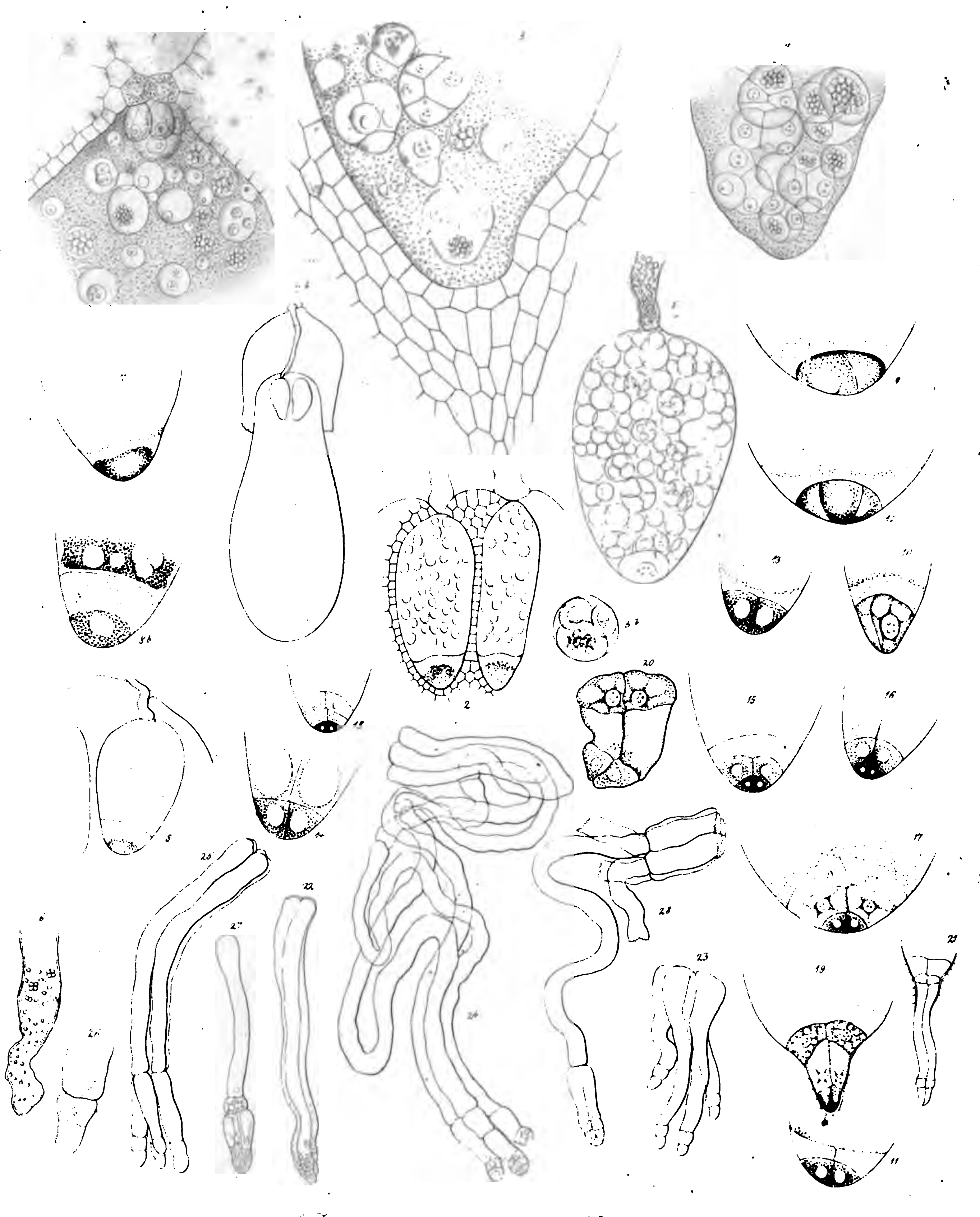
Pinus austriaca, Mughus, Strobus, maritima, silvestris.



Pinus silvestris.

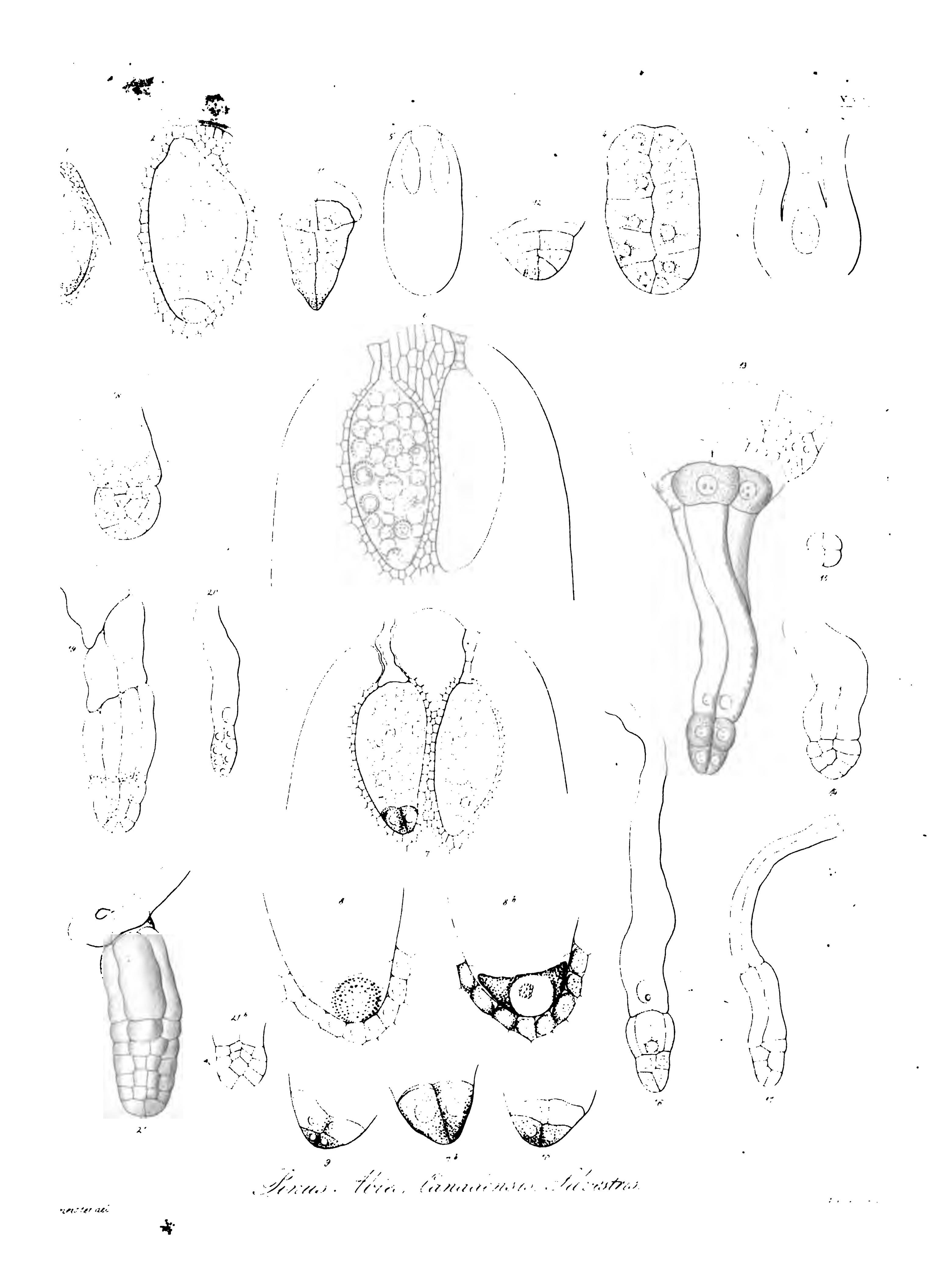
W. Hofmeister del.

A. Gebhart sc.

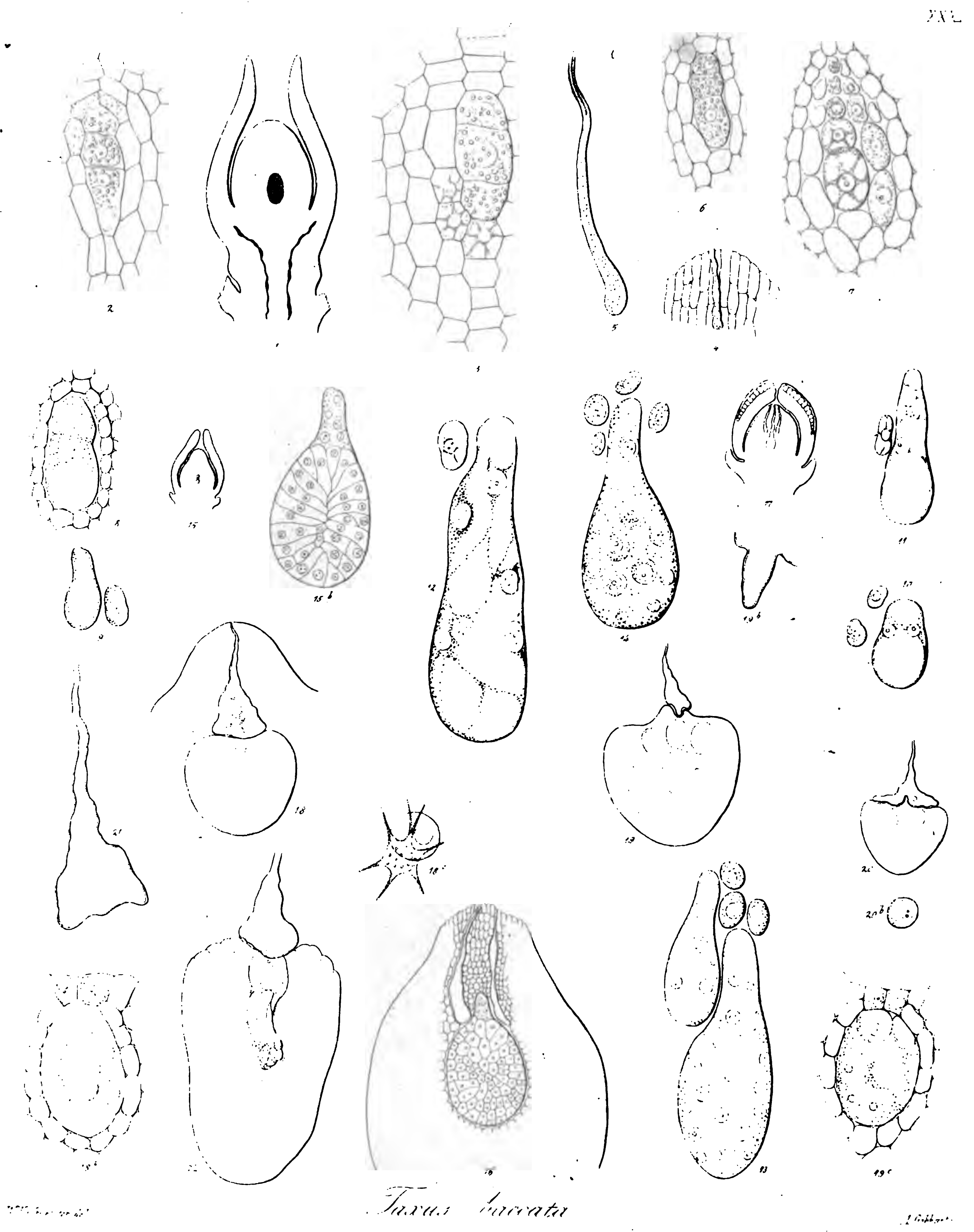


1_2 Pinus austriaca. 3_27. Pinus Strobus.

F. Hofmeister del. A. Gebhardt sc.



Pinus. Abies. Canadensis. Sylvestris.

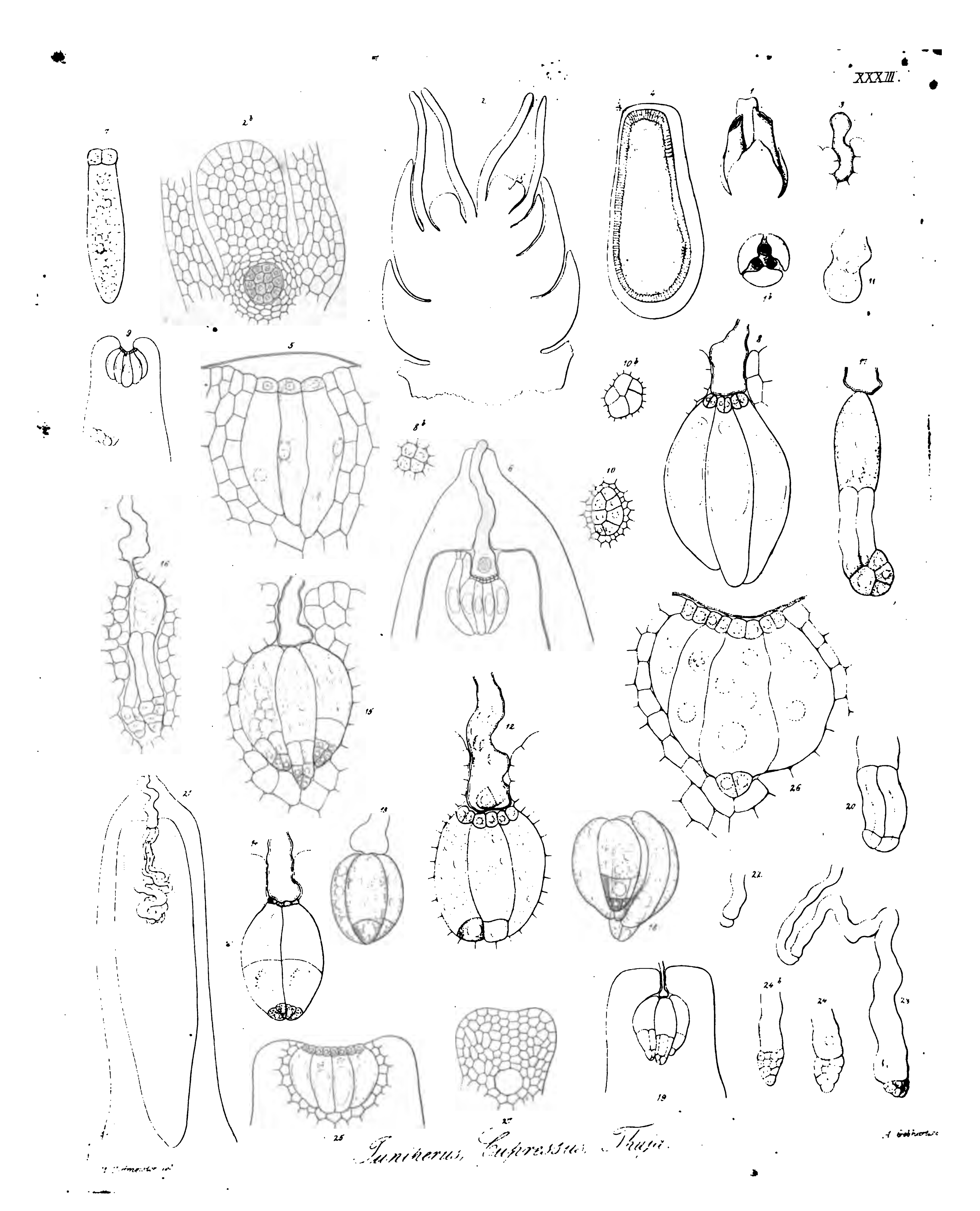


Taxus baccata



Taxus canadensis

W. Hofmeister del.



Juniperus, Cupressus, Thuja.

DATE DUE			

